Aus der Augenklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Heinrich Harms
Forschungsabteilung I für Pathophysiologie des Sehens
Leiterin: Professor Dr. med. Elfriede Aulhorn

Über die unterschiedliche Intensität des binocularen Löschphänomens in der rechten und linken Gesichtsfeldhälfte und seine Beziehungen zur Äugigkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Bernd Schlicke
aus Dessau

1970

Aus der Augenklinik der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. med. Heinrich Harms
Forschungsabteilung I für Pathophysiologie des Sehens
Leiterin: Professor Dr. med. Elfriede Aulhorn

Über die unterschiedliche Intensität des binocularen Löschphänomens in der rechten und linken Gesichtsfeldhälfte und seine Beziehungen zur Äugigkeit

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Bernd Schlicke
aus Dessau

1970

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. J. Hirschmann

1. Berichterstatter: Professor Dr. E. Aulhorn

2. Berichterstatter: Professor Dr. E. Betz

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG · Tübingen

MEINEN ELTERN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547609_0046

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
A.	Einleitung	1
B.	Methodik	8
	I. Untersuchungsprinzipien	8
	II. Allgemeine Voruntersuchungen	12
	III. Versuchsanordnung	14
	IV. Untersuchungsprogramm	15
C.	Versuchsergebnisse	19
	I. Darstellungsweise	19
	II. Untersuchungen in der rechten Gesichtsfeldhälfte	22
	III. Untersuchungen in der linken Gesichtsfeldhälfte	30
	IV. Vergleich rechte - linke Gesichtsfeldhälfte	38
	V. Reproduzierbarkeit	39
	VI. Löschverhältnisse in der Fovea centralis	42
D.	Besprechung der Ergebnisse	44
E.	Zusammenfassung	59
F.	Literaturverzeichnis	60
G.	Tabellenanhang (Originalwerte)	69

A. EINLEITUNG

Ein wichtiger Vorgang beim normalen beidäugigen Sehen ist die Verschmelzung zweier Netzhautbilder, die wegen des Abstands beider Augen verschieden sind, zu einem mit Tiefenwert ausgestatteten Gesamtbild. Daß bei dieser Verschmelzung Hemmungsvorgänge zwischen den beiden Bildeindrücken mit im Spiel sind, hatten schon die Sinnesphysiologen des letzten Jahrhunderts erkannt. Sie fanden, daß immer dann, wenn beide Augen Bilder unterschiedlicher Farbe oder Kontur empfangen, z.B. im Stereoskop das linke Auge ein grünes und das rechte Auge ein rotes Bild, auf die Dauer nicht etwa ein einheitliches Mischbild, in diesem Falle aus rot und grün, wahrgenommen wird, sondern daß ein Wechsel der Eindrücke stattfindet: die Versuchsperson sieht abwechselnd entweder das rote oder das grüne Bild. Dabei erfolgt der Bildwechsel teils mit der ganzen Fläche, teils nur an einigen Stellen. Nur unter ganz bestimmten Bedingungen oder als Übergang wird ein Mischbild gesehen.

Derartige Hemmungsvorgänge wurden unter dem Begriff "Wettstreit beider Sehfelder" zusammengefaßt und von AUBERT (1885), HELMHOLTZ (1867), FECHNER (1860, 1861), PANUM (1858), GELLHORN u.a. (1924, 1925, 1928), TSCHERMAK-SEYSENEGG (1931, 1942) hinsichtlich Dauer und Intensität ausführlich beschrieben, allerdings mit Hilfe von Methoden, die mit dem normalen freien Binocularsehen wenig gemeinsam hatten.

Klinisch bedeutsam werden solche binocularen Hemmungsvorgänge beim Strabismus, bei dem ein Umweltbild auf unterschiedlichen Netzhautstellen abgebildet wird und zugleich anatomisch gleiche d.h. korrespondierende Netzhautstellen unterschiedliche Bilder erhalten. Hierbei ist die Vermeidung des Eindrucks von Doppelbildern nur durch Hemmung, d.h. Auslöschung eines der beiden Bilder möglich.

Auch bei normalem Binocularsehen ist die Möglichkeit der Unterdrückung eines störenden andersartigen Bildes auf einem Auge bekannt, z.B. beim monocularen Mikroskopieren, wenn man versucht, sich mit dem einen Auge ausschließlich auf das mikroskopische Bild zu konzentrieren, während das andere, ebenfalls geöffnete Auge auf Sehdinge gerichtet ist, deren gleichzeitige Wahrnehmung beim Mikroskopieren stören würde und die daher nicht ins Bewußtsein dringen dürfen.

Den meisten Menschen gelingt die hierfür notwendige Unterdrückung nicht auf beiden Augen gleich gut; sie haben ein deutlich bevorzugtes Auge mit dem sie ohne Mühe mikroskopieren können, das sich aber dementsprechend schwer unterdrücken läßt. Diese Führerschaft eines Auges beim beidäugigen Sehen ist ein Phänomen, das zum ersten Mal von ROSENBACH (1903) beschrieben und als Äugigkeit, später von HAMBURGER (1943) treffender als monoculare Dominanz bezeichnet wurde. Ganz allgemein gesprochen handelt es sich dabei um einen eng mit dem Wettstreit verknüpften Hemmungsvorgang, bei dem infolge funktioneller Höherwertigkeit eines Auges im binocularen Sehakt die Bildeindrücke dieses prävalierenden Auges stärker in das Bewußtsein treten oder gar dessen Inhalt - allerdings meist nur für kurze Zeit - allein bestimmen, obwohl gute Sehschärfe beider Augen und intaktes Binocularsehen bestehen (KÜCHLE und REMKY, 1951).

Diese Form der ocularen Führerschaft wird daher von KÜCHLE als zentrale Dominanz jener Prävalenz gegenübergestellt, die aus einer Ungleichheit des dioptrischen Apparates beider Augen oder krankhaften Veränderungen eines derselben resultieren kann, und die er deshalb als periphere Dominanz bezeichnet. HAMBURGER (1949) wies darauf hin, daß bei derartigen Wettstreitvorgängen die Dominanz eines Auges grundsätzlich nicht dessen gesamte Netzhaut, sondern nur eine mehr oder weniger große Zahl im Wettstreit voneinander unabhängiger Empfindungselemente betrifft und dabei sehr weit gehen kann, nie aber zur völligen Ausschaltung der Eindrücke des gehemmten Partnerauges führt. Auf die große Bedeutung dieser Prävalenz eines Auges bei normalem Binocularsehen haben verschiedene Autoren (BUNGE, 1950, HAMBURGER, 1952, HILLEMANNS, 1927, 1950, KÜCHLE und REMKY, 1951, LITINSKIJ, 1932, MILES, 1930, ROSENBACH,

1903, SCHEIDEMANN, 1931, SCHOEN und WALLACE, 1936, VESPER, 1964; und andere) immer wieder hingewiesen und es fehlt nicht an Angaben über Methoden zur Prüfung der Dominanz.

Die ersten Untersuchungen (von ROSENBACH, HILLEMANNS, MILES, HAMBURGER) richteten sich dabei auf die Bevorzugung eines Auges beim Visieren während beidäugiger Betrachtung eines entfernten Gegenstandes. HAMBURGER bemerkt jedoch dazu, "daß der Bleistiftversuch oder ähnliche Versuche keine Schlüsse darauf erlauben, ob eines der Sehfelder dauernd oder vorwiegend im binocularen Sehfeld dominiert. Der Bleistiftversuch gibt, wenn wir ihn im Sinne der Führung deuten, nur an, daß die betreffende Person z.B. lieber mit dem rechten als mit dem linken Auge visiert. Eine Dominanz eines Sehfeldes ist dadurch nicht erwiesen." KÜCHLE und REMKY nennen diese Art von Führung daher eine scheinbare Dominanz und fordern als Kriterium der "echten" Dominanz zusätzlich die Überlegenheit der einem Auge zugehörigen Seheindrücke über die des anderen Auges. Mit anderen Worten also eine sensorische Dominanz. Dementsprechend mit Hilfe haploskopischer Methoden durchgeführte Untersuchungen ergaben denn auch Ergebnisse, die zum Teil beträchtlich von denen der Visierversuche abwichen (KÜCHLE und REMKY).

Ergebnisse von elektrophysiologischen Untersuchungen an Menschen oder Primaten hinsichtlich der Dominanz liegen bis jetzt noch nicht in der Fülle und Eindeutigkeit vor, als daß eine bindende Aussage möglich wäre. Zur Erforschung binocularer Hemmungsphänomene sind wir also vorerst weiterhin auf subjektive Angaben der Versuchspersonen angewiesen.

Nun berichtete E. AULHORN im Jahre 1965 auf dem Symposium sur l'ambliopie strabique in Lüttich über ein neues binoculares Hemmungsphänomen, das sich vorzüglich dazu eignet, Hemmungsvorgänge in der Peripherie des binocularen Gesichtsfeldes quantitativ zu erfassen: Bietet man zunächst einem Auge ein Prüfobjekt an, das nur für dieses Auge sichtbar ist ("Erstreiz") und nach ca. 1 sek zusätzlich dem anderen Auge ein gleiches oder ähnliches Objekt an abbildungsgleicher Netzhautstelle ("Zweitreiz"), das nur für dieses zweite Auge sichtbar ist, so wird der

Eindruck des zuerst gereizten Auges im Moment der Reizung des zweiten Auges gelöscht, um erst nach einiger Zeit wieder zu erscheinen.

Diese durch sukzessiven Reizbeginn ausgelöste Löschung tritt nicht auf, wenn beide Reize dem gleichen Auge dargeboten werden. Das Löschphänomen besteht nicht nur bei Reizung an abbildungsgleichen Netzhautstellen, sondern auch wenn der Zweitreiz vom Erstreiz etwas entfernt liegt, also auf eine disparate Netzhautstelle fällt.

Dieses Phänomen wurde in der Folgezeit von NIETHAMMER (1966) mit Hilfe des Phasendifferenzhaploskops nach AULHORN (1966) ausführlich untersucht. Dabei stellte sich heraus, daß jede Versuchsperson ein individuell verschieden großes sogenanntes Löschfeld besitzt, d.h. die zum gegebenen Netzhautort eines Auges korrespondierende Stelle im anderen Auge ist von einem Feld umgeben, in dessen Bereich eine lokale Reizung zu einer zeitweiligen Löschung eines schon bestehenden Bildeindruckes im ersten Auge führt. Außerhalb des Löschfeldes ist keine Löschung mehr nachweisbar.

Bei der Bestimmung der Grenzen der Löschfelder begnügte sich NIETHAMMER mit zweimaliger Darbietung des Zweitreizes vom jeweiligen Prüfort aus; Punkte, von denen aus bei dieser Wiederholung des sukzessiven Reizbeginns ein schlagartiges Verschwinden des Erstreizes auslösbar war, lagen nach seiner Definition innerhalb des Löschfeldes. War unter diesen Bedingungen von einem Prüfort aus keine oder nur eine Löschung auslösbar, so galt dieser Prüfort als außerhalb des Löschfeldes liegend. Dabei zeigte sich eine Abhängigkeit der Löschfeldgröße vom Abstand zwischen Fovea und Erstreiz: der vertikale Löschfelddurchmesser nimmt zur Netzhautperipherie hin zu, wenn auch nicht bei allen Versuchspersonen gleichermaßen.

Diese Verhältnisse kennen wir auch von der Ausdehnung der Panumareale. Doch schloß NIETHAMMER die Identität des Löschfeldes mit dem Panumbereich aus: der Durchmesser eines Löschfeldes betrug z.B. bei 7^{o} peripher im Durchschnitt $2^{o}30'$; der eines Panumareals hat hier aber nur die Größe von ca. 12', ist also etwa 12mal kleiner. Darüber hinaus ist das Kriterium für den Panumbereich, wie HOMMER und SCHUBERT (1963) ausdrücklich betonen, die gleiche räumliche Zuordnung, aus der plastisches

Einfachsehen resultiert, während innerhalb des Löschfeldes die beiden Reizobjekte, die sich gegenseitig zu hemmen vermögen, an verschiedenen Stellen wahrgenommen werden.

Die unter adäquaten Versuchsbedingungen, aber mit simultaner Dauerreizung durchgeführten Untersuchungen NIETHAMMER's hinsichtlich des binocularen Wettstreits ergaben ganz ähnliche Ergebnisse: die Grenzen, innerhalb derer ein Wettstreit auslösbar ist, sind nur geringfügig verschieden von denen des Löschfeldes.

Beide Phänomene - Wettstreit und Löschphänomen - sind Ausdruck einer binocularen Wechselhemmung, die frühestens im Corpus geniculatum laterale, wahrscheinlich aber erst in der Sehrinde ausgelöst werden kann, da erst hier die Eindrücke beider Augen miteinander konfrontiert werden. Zur Analyse von Vorgängen, die hemmungsauslösend wirken können, eignet sich das Löschphänomen jedoch weit besser als der bislang untersuchte Wettstreit, da das Verschwinden eines Reizes auch in parazentralen Netzhautbereichen noch gut beobachtet werden kann, wohingegen bei gleichzeitiger Reizung beider Augen unter Wettstreitbedingungen die beiden Reize nur in unmittelbarer Nähe des Netzhautzentrums differenziert werden können. Beträgt der Abstand des Prüfortes vom Netzhautzentrum nur wenige Grad, so reicht das Auflösungsvermögen schon nicht mehr aus, um sagen zu können, ob man beide Reize oder nur einen Reiz wahrnimmt. Außerdem wird der Wettstreit durch Aufmerksamkeitszuwendungen, Lidschlag, Bewegung und ähnliches beeinflußt, alles Störmomente, die bei der Löschmethode viel weniger ins Gewicht fallen; und schließlich stellt beim Wettstreitversuch mit seiner langfristigen gleichzeitigen Darbietung unter Fixation die Lokaladaptation, die durch ein monoculares Geschehen ein Sehding unsichtbar werden läßt, einen starken Störfaktor dar, der bei der Löschmethode weitgehend eliminiert wird.

Wenn auch Löschphänomen und Wettstreit, allein schon bedingt durch die unterschiedliche Art der Reizdarbietung (im einen Fall sukzessiv, im anderen simultan), nicht einfach gleichgesetzt werden können, so ist doch mit der Löschmethode eine Möglichkeit gegeben, binoculare Hemmungs-

vorgänge exakter meßbar zu untersuchen als es bislang möglich war. Faßt man nämlich das für ein Auge ermittelte Löschfeld als ein durch Einflußnahme des anderen Auges erzeugtes Skotom auf, so leuchtet ein, daß mit der Bestimmung von Ausdehnung und Intensität eines Löschfeldes eine Möglichkeit gegeben ist, die Hemmungsaktivität eines jeden Auges unter binocularen Sehbedingungen quantitativ zu fassen: Die Hemmungsaktivität eines Auges ist meßbar an der Ausdehnung und der Intensität des Löschfeldes auf dem korrespondierenden Auge. Es erscheint uns daher berechtigt, mit Hilfe dieser Löschmethode zu versuchen, einige Aufschlüsse über die zentralen Hemmungsmechanismen beim Binocularsehen zu gewinnen. Es interessiert uns jetzt:

1. Hat die Äugigkeit, wie sie nach den gängigen Methoden (nach MILES und nach ROSENBACH) bestimmt werden, einen Einfluß auf die Größe der Löschfelder. Mit anderen Worten, vermag der Zweitreiz, wenn er auf das führende Auge fällt, das mit dem Erstreiz belegte andere Auge stärker oder schwächer zu hemmen als es umgekehrt geschieht, oder besteht kein Unterschied hinsichtlich der Löschhäufigkeit beider Augen, bezogen auf die monoculare Dominanz?
2. Ist die Löschfähigkeit im Bereich des Löschfeldes gleichmäßig ausgedehnt, d.h. ist an jeder Stelle innerhalb des Löschfeldes zu jeder Zeit eine Hemmung auslösbar, oder ergeben sich quantitative Unterschiede innerhalb dieser Bereiche? NIETHAMMER hatte ja die Beobachtung gemacht, daß außerhalb der von ihm bestimmten Löschfeldgrenzen nicht etwa überhaupt kein Einfluß des Zweitreizes auf die Empfindung des Erstreizes erfolgt, sondern daß diese durch den Zweitreiz in unmittelbarer Umgebung des Löschfeldes abgeschwächt wird. Es interessiert daher noch die Frage, bis zu welchem Abstand der Prüfreize voneinander überhaupt noch eine Löschung möglich ist und wie sich diese Verhältnisse bei den einzelnen Versuchspersonen ausprägen.
3. Weiter interessiert uns die Löschfeldgröße in den 4 Quadranten des Gesichtsfeldes. NIETHAMMER hatte schon darauf hingewiesen, daß das Löschfeld nach unten zu abgeflacht zu sein scheint. Die Frage ist nun: Bestehen Unterschiede unterhalb und oberhalb des 0^{o}-Meridians, ferner

in der rechten und linken Gesichtsfeldhälfte hinsichtlich der Löschfeldgröße? Besteht dabei eine Beziehung zum "führenden Auge"?

4. Schließlich müssen wir die Verhältnisse in der Fovea centralis betrachten, einem Ort, der in mehrfacher Hinsicht eine Ausnahmestellung in der Netzhaut besitzt. TRENDELENBURG (1913) hatte bei binocularer Farbenmischung festgestellt, daß foveal die Mischungstendenz besser, peripher hingegen der Farbwettstreit lebhafter ist. NIETHAMMER fand ein ganz ähnliches Ergebnis hinsichtlich der Ausprägung des Löschfeldes in der Fovea: wenn es überhaupt nachweisbar war, so handelte es sich um sehr kleine paramaculare Areale und die Angaben der Versuchspersonen über die stattgehabte Löschung waren äußerst unsicher. Wir wissen andererseits von der Schielamblyopie, daß gerade die Macula des schielenden Auges besonders stark vom führenden Auge gehemmt werden kann (REMKY, 1950), ferner daß diejenige Netzhautstelle im schielenden Auge gehemmt wird, die sehrichtungsgleich mit der Fovea des Führungsauges ist (Fixierpunktskotom nach HARMS, 1937).

In der folgenden Arbeit soll versucht werden, auf diese für das Verständnis des normalen, besonders aber des gestörten Binocularsehens wichtige Fragen eine Antwort zu geben.

B. METHODIK

I. UNTERSUCHUNGSPRINZIPIEN

1. Phasendifferenz-Haploskopie. Als Methode zur Trennung der Eindrücke beider Augen wählten wir das Phasendifferenz-Haploskop nach AULHORN (1966).

AULHORN ging von der physiologischen Tatsache aus, daß das Sehorgan gleichartige Lichtreize, die in kurzen zeitlichen Abständen aufeinander folgen, oberhalb einer bestimmten Frequenz (Flimmerverschmelzungsfrequenz) nicht mehr in Einzelreize aufzulösen vermag, sondern vielmehr als einen kontinuierlichen Lichteindruck empfindet.

Projiziert man nun zwei unterschiedliche Flimmerbilder, deren jeweilige Unterbrechungsfrequenz oberhalb der Verschmelzungsfrequenz liegt, so zueinander phasenverschoben, daß sich die Einzelreize der Bilder gegenseitig ablösen (also: Bild 1 - 2 - 1 - 2 - 1 etc.) und unterbricht in gleicher Frequenz und Phasenverschiebung die Blicklinien der beiden auf die Projektionen gerichteten Augen, so wird jedes Auge ein Bild für sich wahrnehmen. Erst im binocularen Sehakt können beide Bilder gleichzeitig wahrgenommen werden.

Die technische Durchführung dieses Gedankens erfolgt mit Sektorenscheiben, die vor zwei Diapositivprojektoren rotieren, um deren Strahlengänge rhythmisch zu unterbrechen (Abb. 1). Immer in dem Moment, wenn der Flügel der einen Scheibe gerade den Strahlengang des ihm zugehörigen Projektors verdeckt, steht die andere Scheibe so, daß ihr Sektor den Strahlengang des zweiten Projektors freigibt. Auf diese Weise werden 2 phasenverschobene Flimmerbilder erzeugt und auf eine weiße Leinwand projiziert. Die Versuchsperson betrachtet diese Darbietungen durch eine "Brille"

(Abb. 2) deren beide Sehlöcher ebenfalls rhythmisch abwechselnd durch zwei Sektorenscheiben verdeckt werden, von denen jede in gleicher Frequenz und Phase mit jeweils einer der vor den Projektoren kreisenden Scheiben rotiert, so daß der Blick eines Auges immer zugleich mit dem Strahlengang eines der beiden Projektoren freigegeben bzw. verdeckt wird. Besteht also z.B. wie in Abb. 3 für den linken Projektor und rechtes Auge gerade eine "An"-Phase, so müssen sich gleichzeitig rechter Projektor und linkes Auge in einer "Aus"-Phase befinden, d.h. bei hoher Umdrehungszahl wird das rechte Auge ein kontinuierliches Bild vom linken Projektor, das linke ein solches vom rechten Projektor wahrnehmen.

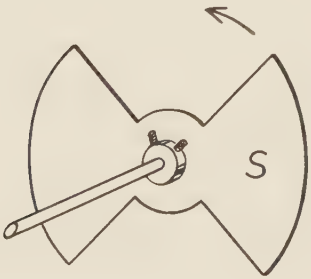


Abb. 1 Sektorenscheibe zur Unterbrechung des Strahlengangs.

"Die Brille"

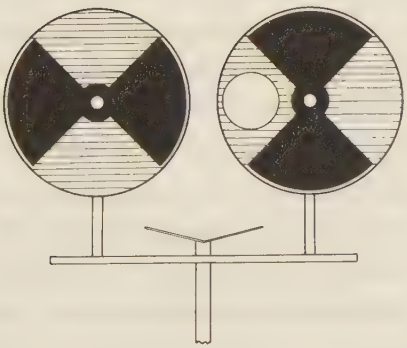


Abb. 2 Die Sektorenscheiben in ihren Gehäusen mit Kinnstütze. Die rechte Blicköffnung ist gerade freigegeben.

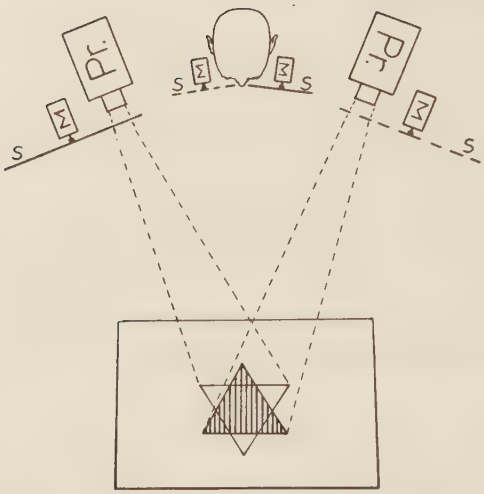


Abb. 3 Prinzip der Phasendifferenzhaploskopie.

Die Sektorenscheibe vor dem rechten Auge läuft phasengleich mit der des linken Projektors und umgekehrt.

Sektorenscheibe gestrichelt gezeichnet: Strahlengang freigegeben.
Sektorenscheibe durchgehend gezeichnet: Strahlengang unterbrochen.

M = Motor; Pr = Projektor; S = Sektorenscheibe.

Den Antrieb der Sektorenscheiben besorgen 4 Wechselstrom-Synchronmotoren mit je 1500 U/min, was bei vier ausgesparten Sektoren in jeder Scheibe 100 Einzelbilder pro sec. ergibt. Da sich etwaige Schwankungen in der Frequenz des Netzstromes auf alle Motoren gleichartig auswirken, ist die genaue Synchronisation innerhalb der Anordnung gesichert.

Eine Kinnstütze vor der "Brille" dient der bequemen Kopfhaltung direkt vor den Gehäusen der Scheiben. Um den größtmöglichen Gesichtsfeldausschnitt (ca. 30^{o}) beim Blick durch die Sehöffnungen zu erreichen, kann die Pupillenmitte eines jeden Auges durch Verstellen der Kinnstütze und durch Verände-

rung des Abstands zwischen den Gehäusen in die Mitte der Öffnungen gebracht werden.

Die gewünschte Phasenverschiebung der Scheibenflügel wird durch Drehung eines Motors um einen bestimmten Grad um seine Längsachse erreicht. Die sukzessive Auslösung der Reize erfolgt mit zusätzlich vor den Projektoren angebrachten Klappen, die über ein Relais in bestimmten zeitlichen Intervallen betätigt werden.

Der Vorteil dieser neuen haploskopischen Methode gegenüber anderen Verfahren liegt vor allem in einer uneingeschränkten Verwendbarkeit bei Untersuchungen in der Gesichtsfeldperipherie unter weitgehend natürlichen binocularen Sehbedingungen im Gesichtsfeld. So kann z.B. die Trennung der Eindrücke beider Augen durch polarisiertes Licht nicht befriedigen, da hierbei die Leuchtdichte nur dann konstant bleibt, wenn der Einfallswinkel des Projektionsstrahlengangs auf die Metallwand stets gleich bleibt, eine Forderung, die sich bei unseren Versuchen nur mit größter Schwierigkeit hätte erfüllen lassen können. Andere haploskopische Untersuchungen, die sich beim Nahblick oder in einer Perimeterkugel abspielen, entsprechen weniger gut den Sehbedingungen im freien Raum.

2. Prüfung der Dominanz. Die Prüfung des führenden Auges erfolgte mit Hilfe zweier Methoden:

1. nach dem ROSENBACH'schen Visierversuch,
2. in Anlehnung an eine Methode, die MILES angegeben hat: Die Versuchsperson fixiert binocular einen weit entfernten Gegenstand. Dann wird ein 1 m hoher an der Spitze abgeschnittener Kegel mit seiner Basis (25 cm Durchmesser) so vor beide Augen gehalten, daß durch die Spitzenöffnung der fixierte Gegenstand erblickt werden kann. Bleibt dieser nach Verschluß eines Auges unverrückt in der Öffnung sichtbar, so wird das unverschlossene Auge als dominierend angesehen.

Der bekannte ROSENBACH'sche Visierversuch wurde je einmal mit dem Daumen der linken und der rechten Hand ausgeführt, um einen eventuellen Einfluß der Händigkeit bzw. der gerade benützten Hand auf die Dominanz

feststellen zu können (ein Faktor, auf den HIRSCH schon 1903 hingewiesen hatte und der später von JAHN (1938) als "Auswechselbarkeit" bezeichnet wurde).

Wir wählten diese Methoden der Dominanzprüfung, einmal weil sie die am meisten verbreiteten sind, zum andern, weil sie die rein richtungsbestimmende Komponente der Äugigkeit erfassen, die wir der sensorischen Komponente als dem eigentlichen Gegenstand unserer Arbeit gegenüberstellen wollen.

3. Lokaladaptation. Daß es sich beim Löschphänomen nicht um Lokaladaptation handeln kann, hat NIETHAMMER schon nachgewiesen. Um sicher zu gehen, daß lokaladaptatorische Vorgänge unsere Ergebnisse nicht verfälschen würden, mußten wir mit unserer Gesamtdarbietungsdauer der Prüfreize unterhalb der bis zum Auftreten einer durch Lokaladaptation bedingten Abschwächung gemessenen Mindestzeit bleiben. Es wurde daher bei 10 Versuchspersonen zuerst die Zeit bestimmt, nach der ein 4^{o} peripher vom Fixationspunkt unter den gegebenen Versuchsbedingungen konstant dargebotener Prüfreiz wieder zu verschwinden begann. Diese Mindestzeit betrug bei keiner der Versuchspersonen weniger als 5 sec. (meist erheblich mehr), so daß uns eine Darbietungsdauer von 3 sec. für das zu löschende Prüfbild kurz genug erschien um die Lokaladaptation zu vermeiden.

II. ALLGEMEINE VORUNTERSUCHUNGEN

Für unsere Versuche kamen nur Personen in Betracht, bei denen keine Augenleiden bestanden. Darüber hinaus wurden Visus und Dominanz bestimmt. In einem anschließenden Übungsversuch wurde die Versuchsperson mit dem Darbietungsgeschehen vertraut gemacht.

1. Visus. Die Sehschärfe wurde mit Hilfe der üblichen Seh-Tafeln geprüft.

Der Visus wurde, wenn nötig, korrigiert, so daß mindestens die Sehschärfe 1,0 erreicht wurde.

2. Dominanz. Sie wurde mit Hilfe der angegebenen Methoden bestimmt. Meist ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Ergebnissen der MILES'schen und der ROSENBACH'schen Methode. So waren von 37 Versuchspersonen 20 eindeutig auf dem rechten Auge, 10 eindeutig auf dem linken Auge dominant, während die restlichen 7 Versuchspersonen wechselnde oder bei den beiden Methoden entgegengesetzte Angaben machten, also keine sicher nachweisbare Dominanz eines Auges besaßen. 2 dieser 7 Versuchspersonen zeigten das Phänomen der Auswechselbarkeit im Sinne von JAHN.

3. Übungsversuch. Jede Versuchsperson wurde, ohne daß ihr die zu erwartende Erscheinung des Auslöschens mitgeteilt worden wäre, einem Übungsversuch unterzogen, der prinzipiell gleichartig wie der Hauptversuch ablief, nur mit dem Unterschied, daß die Darbietung weniger häufig an derselben Stelle wiederholt wurde. Spätestens nach der 4. Darbietung hatten alle Versuchspersonen das Verschwinden des Erstreizes erkannt und waren nach weiterer kurzer Übung in der Lage prompt anzugeben: "Löschung erfolgt" oder "keine Löschung". Um Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit der Angaben ziehen zu können, wurden gelegentlich - unmerklich für die Versuchsperson - monoculare Darbietungen eingeschoben, bei denen also niemals eine Löschung erfolgen konnte. Gab eine Versuchsperson dabei öfters "Löschung erfolgt" an, so wurde sie zuerst auf den "Irrtum" aufmerksam gemacht und gab diesen dann meistens auch zu. Nur in einem Fall blieben die Angaben weiterhin unzuverlässig. Diese Person wurde von weiteren Versuchen ausgeschlossen.

III. VERSUCHSANORDNUNG

Die Versuchsperson saß in einem abgedunkelten Raum (Umfeldleuchtdichte 0,1 asb) in 2 m Abstand von einer frontoparallelen weißen Projektionsfläche auf einem Stuhl. Das Kinn ruhte auf der Kinnstütze der "Brille". Der Abstand der beiden Sehlöcher an der "Brille", sowie die Höhe der Kinnstütze, wurden jeweils so verändert, daß die Versuchsperson genau zentral durch die Durchblicksöffnungen des Brillenapparates schaute. Falls es notwendig war, konnte die Versuchsperson ihre eigene Brille aufbehalten. Zusätzlich waren den Durchblicksöffnungen ständig konvexe Gläser von 0,25 dptr. vorgesetzt, um die notwendige Akkommodation auf 2 m Abstand zu verringern.

Alle Lichtreize wurden mit höhen- und seitenverschieblichen Projektoren, die rechts und links von der "Brille" standen, aus 2 m Abstand auf die Wand projiziert. Der Fixationspunkt, ein Leuchtpunkt von 10' Durchmesser und einer Leuchtdichte von 25 asb, wurde ohne die Sektorenscheibenunterbrechung projiziert und war somit für beide Augen ständig sichtbar. Als haploskopische Prüfreize verwendeten wir gleichseitige Dreiecke einer Leuchtdichte von 15 asb. Wir wählten die Seitenlänge der Dreiecke je nach dem Grad der Exzentrizität des untersuchten Netzhautortes verschieden. Da die Sehschärfe zur Peripherie hin stark abnimmt, müssen dort auch größere Prüfreize angeboten werden um sie mit Sicherheit unterscheiden zu können. Die Abstände der Prüfreize untereinander und zum Fixationspunkt wurden in Winkelgraden gemessen. Da unsere Untersuchungen niemals über einen Abstand von 10^{o} zur Netzhautmitte hinaus gingen, konnte die geringe Verzerrung der Winkelmaße, die dadurch zustande kam, daß die Projektion auf eine ebene Tafel anstelle einer Halbkugelinnenfläche erfolgte, unberücksichtigt bleiben; spielt doch der Tangentenfehler erst außerhalb 15^{o} Abstand von der Fovea eine wesentliche Rolle.

Die Dauer der Reizdarbietungen selbst wurde durch ein Zeitrelais konstant gehalten und unter 3 sec. gewählt, um eine Lokaladaptation auf jeden Fall zu umgehen.

IV. UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

1. Untersuchungen in der rechten Gesichtsfeldhälfte.

Als Ausdruck der Intensität binocularer Hemmungsvorgänge kann man neben der Löschfeldgröße die Anzahl der Löschungen bei einer bestimmten Anzahl von Darbietungen an einem Netzhautort auffassen. Mit Löschhäufigkeit bezeichnen wir in unseren Versuchen die Anzahl der Löschungen des auf einem Auge dargebotenen Erstreizes, ausgelöst durch den auf dem anderen Auge 20mal an gleicher Stelle dargebotenen Zweitreiz. Somit kann die Löschhäufigkeit an den einzelnen Prüforten des Löschfeldes eines Auges als Maß für den aktiven Hemmungseinfluß gelten, der durch Empfindungen auf dem anderen Auge ausgelöst wird. Es interessiert uns nun, ob sich das dominierende oder das nichtdominierende Auge häufiger und in einem größeren Bereich löschen ließe, oder ob keine Beziehung zwischen Löschhäufigkeit und Äugigkeit ersichtlich würde.

Die an sich naheliegende Annahme, daß die Äugigkeit, wenn sie durch einen Unterschied der Löschhäufigkeiten und der Größe der Löschfelder auf beiden Augen darstellbar wäre, sich in beiden Gesichtsfeldhälften gleich auswirken würde, veranlaßte uns die Dominanz-Löschphänomen-Beziehung zunächst nur in einer Gesichtsfeldhälfte zu untersuchen. Anstatt nun ein ganzes Löschfeld auszumessen, beschränkten wir uns auf Untersuchungen im vertikalen Durchmesser eines Feldes, dessen Zentrum in konstantem Abstand von der Macula auf dem Horizontalmeridian lag (Abb. 4).

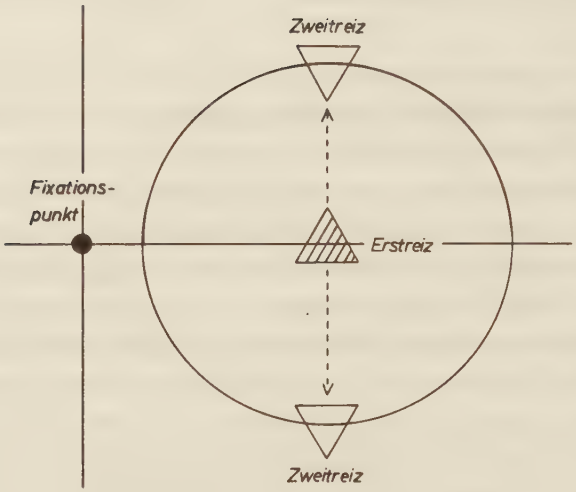


Abb. 4 Schematische Darstellung der Messung des vertikalen Löschfelddurchmessers.

Versuchsanordnung:

Lage des Erstreizes:	4^{o} rechts vom Fixationspunkt auf dem 0^{o} Meridian.
Prüfreize:	2 gleichseitige Dreiecke; Seitenlänge 1^{o}, Leuchtdichte: 15 asb.
Leuchtdichte des Umfelds:	0,1 asb.

Die ausgeruhte Versuchsperson fixierte binocular durch die Brille hindurch den Fixationspunkt. In 4^{o} Abstand von diesem wurde auf dem 0^{o} Meridian einem Auge der Erstreiz (Dreieck mit der Spitze nach unten) angeboten. Wir wählten einen Abstand von 4^{o}, weil an diesem Ort einerseits die Löschfelder genügend groß sind, um individuelle Unterschiede hinsichtlich der Löschintensität deutlich werden zu lassen, andererseits die periphere Sehschärfe noch ausreicht, um die Prüfzeichen klar unterscheiden zu können.

Nach 1,7 sec. wurde für das andere Auge der Zweitreiz (Dreieck mit der Spitze nach oben) sichtbar und zwar senkrecht über dem Erstreiz, bei

einem Abstand der beiden Dreiecksmittelpunkte von $1/2^{o}$. Erst- und Zweitreiz zusammen blieben weitere 1, 2 sec. bestehen und wurden dann gleichzeitig weggenommen. Nach 3 sec. Pause erfolgte das nächste Anbieten usw. bis 20 Darbietungen erfolgt waren. Die Versuchsperson meldete dabei jede empfundene Löschung über einen Druckknopf an ein Zählwerk. Die Anzahl der Löschungen bei 20 Darbietungen am selben Netzhautort wurde notiert.

Danach wurden die Projektoren umgeschaltet, so daß der Erstreiz jetzt auf das andere Auge fiel. Wiederum wurde die Zahl der Löschungen bei 20 Darbietungen festgehalten. Danach wurde eine kleine Pause eingelegt, in der die Versuchsperson den Blick frei schweifen lassen konnte, um eine zu große Ermüdung durch die ständige Fixation zu vermeiden.

Diese Versuchsserie wurde nach jedem weiteren $1/2^{o}$-Schritt des Zweitreizes vom Erstreiz weg durchgeführt, bis sicher keine Löschungen mehr erfolgten.

War auf diese Weise die quantitative Ausprägung des Löschphänomens auf beiden Augen oberhalb des 0^{o} Meridians bestimmt, wurden jetzt ganz analog die Verhältnisse in der unteren Gesichtsfeldhälfte untersucht.

Zuletzt wurde die am schwierigsten zu beurteilende Situation geschaffen: Erstreiz und Zweitreiz beide auf dem 0^{o} Meridian dergestalt angeordnet, daß bei gleichzeitiger Projektion ein regelmäßiger 6-strahliger Stern auf der Projektionsfläche erschien. Hatte eine Löschung stattgefunden, so konnte die Versuchsperson beim Anschalten des Zweitreizes nicht einen Stern, sondern lediglich einen Wechsel des Dreiecks mit der Spitze nach unten in ein solches mit der Spitze nach oben wahrgenommen haben. Erst gegen Ende der Zeit gemeinsamer Darbietung von Erst- und Zweitreiz, wenn die induzierte Hemmung nachließ, konnte die Sternfigur wahrgenommen werden. Auch bei dieser Anordnung wurde die Löschhäufigkeit aus 20 Darbietungen auf jedem Auge festgehalten.

Beim Auftreten von Doppelbildern und Fixationsschwierigkeiten, spätestens aber nach einer 3/4 Stunde, legten wir eine Pause von 5 Min ein. Eine Gesamtuntersuchungsdauer von 2 Stunden wurde nie überschritten. Wurde bei stichprobenartiger Überprüfung der Werte ein deutliches Nachlassen der

Konzentrationsfähigkeit festgestellt, so wurde der Versuch abgebrochen und am nächsten Tage wiederholt und fortgesetzt.

2. Vergleichende Untersuchungen in der rechten und linken Gesichtsfeldhälfte

Unter denselben Bedingungen wie bei 1. wurde bei 16 willkürlich aus den 37 herausgegriffenen Versuchspersonen die Untersuchung noch auf das Löschfeld bei 4^{o} links vom Fixationspunkt ausgedehnt. Es war die Frage, ob sich hierbei ein wesentlicher Unterschied zu den Befunden von der rechten Gesichtsfeldhälfte ergeben würde.

3. Löschung in der Fovea centralis

Hierbei wurde der Fixationspunkt auf 10 asb. abgedunkelt. Da in der Fovea centralis die Löschfelder, soweit überhaupt vorhanden, sehr klein sind, verwendeten wir Prüfzeichen, die gerade noch deutlich voneinander unterschieden werden konnten. Dies war bei gleichseitigen Dreiecken einer Seitenlänge von 45' noch möglich. Sie wurden unter denselben Bedingungen wie bei 1. auf den Fixationspunkt projiziert. Die Ausmessung des fovealen Löschfeldes eines jeden Auges erfolgte in vertikalen Schritten von je 20' Abstand, wiederum bei jeweils 20facher Darbietung.

4. Reproduzierbarkeit

Zur Kontrolle wurden 2 Versuchspersonen mit typischen Befunden an verschiedenen Tagen wiederholt untersucht, um Streuung und Konstanz der individuellen Ausprägung der Hemmungsbereiche zu bestimmen.

C. VERSUCHSERGEBNISSE

I. DARSTELLUNGSWEISE

1. Graphik. Bei der Aufzeichnung der Ergebnisse erhebt sich das Problem, die Löschhäufigkeiten in ihrer Beziehung zum binocularen Gesichtsfeld anschaulich darzustellen. Am übersichtlichsten wäre dies in einer 3-dimensionalen Darstellung möglich, wobei der Nullpunkt des Koordinatensystems dem Fixationspunkt, die Y-Achse dem Horizontalmeridian der Gesichtsfelder, die X-Achse dem Abstand des Prüfreizes vom Horizontalmeridian entspricht. Auf der Z-Achse wäre dann die Anzahl der Löschungen aufzutragen. Diese Darstellung hat jedoch den Nachteil, daß die Kurven verzerrt wiedergegeben werden, so daß feinere Unterschiede der Löschhäufigkeit nicht deutlich werden. Zur Veranschaulichung der Lage der Prüforte im Gesichtsfeld und der an ihnen gemessenen Löschhäufigkeiten ist diese Art der Darstellung in Abb. 5 für ein schematisches Versuchsergebnis angewandt worden.

Um die Verhältnisse der Löschhäufigkeiten und Löschfeldgrößen klar wiedergeben zu können, wählten wir für die folgenden Abbildungen eine 2-dimensionale Darstellung, wobei der Nullpunkt des Koordinatensystems dem jeweiligen Ort des Erstreizes entspricht (bei den meisten Versuchen also entweder dem Punkt 4° links peripher oder 4° rechts peripher auf dem Horizontalmeridian des Gesichtsfeldes).

Auf der Abszisse ist in Winkelgraden der Höhenabstand des Zweitreizes vom Erstreiz aufgetragen. Die Gradzahlen links vom Nullpunkt entsprechen dabei den Abständen im Gesichtsfeld nach oben, diejenigen rechts vom Nullpunkt den Abständen nach unten. In der Ordinate ist die Zahl der Löschungen aufgetragen, die sich bei 20-maligem Anbieten ergibt. Bei den Kurven selbst

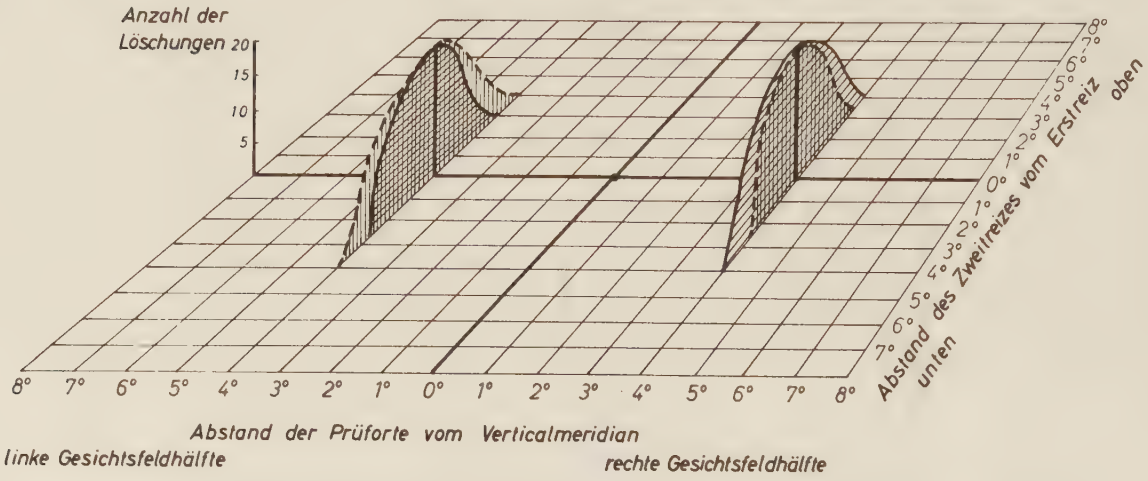


Abb. 5 Dreidimensionale Darstellung der Löschfeldausprägung auf beiden Gesichtsfeldhälften, jeweils 4° parazentral im Horizontalmeridian.

Durchgezogene Linien: Löschhäufigkeiten auf dem rechten Auge.
Unterbrochene Linien: Löschhäufigkeiten auf dem linken Auge.

entspricht die durchgezogene Linie der Löschhäufigkeit auf dem rechten, die unterbrochene Linie derjenigen auf dem linken Auge (Abb. 6).

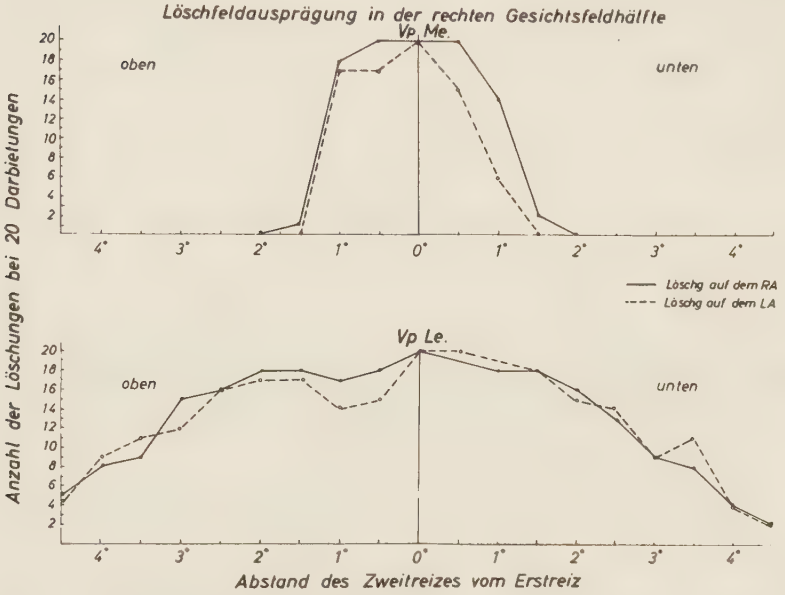


Abb. 6 Zweidimensionale Darstellung der Löschfeldausprägung 4^{o} rechts peripher.
Beispiel für kleines Löschfeld: Vp. Me.
Beispiel für großes Löschfeld: Vp. Le.

Schwierigkeiten bereitete die Verwertung von Angaben aus dem Grenzbereich der Löschfelder, da das Phänomen in diesen Bereichen sehr schwer zu beobachten ist. So verschwindet das zu löschende Prüfzeichen bei Annäherung des Zweitreizes an die Löschfeldgrenze oftmals so spät und zögernd, daß die Versuchsperson nicht mehr sicher entscheiden kann, ob das Prüfzeichen wirklich gelöscht wurde, oder ob das Verschwinden vielleicht durch eine unwillkürliche Lidschlag-, Augen- oder Kopfbewegung hervorgerufen wurde. Manchmal entstand auch der Eindruck, als verschwinde nur ein Teil des

Erstreizprüfzeichens und die Versuchsperson war im Zweifel, ob nicht doch das ganze Zeichen verschwunden war, nur eben nicht schlagartig, sondern langsam wie von einem Schatten überstrichen.

Für unsere Kurven werteten wir jedoch nur eindeutig vollständiges Verschwinden der Erstreizmarke als Löschung. Wurde von der Versuchsperson nur Abschwächung oder partielle Löschung wahrgenommen, so wurde dies als "keine Löschung erfolgt" registriert. Somit ließ sich eine für unsere Versuche ausreichend exakt angebbare, wenn auch willkürlich definierte Grenze der Hemmungsfelder bestimmen: Die Löschfeldgrenze ist an dem Punkt des Gesichtsfeldes erreicht, von dem aus selbst bei mehrmaliger Wiederholung keine sichere Löschung mehr auslösbar ist.

2. Kriterien der Löschfeldausprägung. Das Löschfeld eines Auges ist in seiner Ausprägung durch zwei messbare Größen erfaßbar:

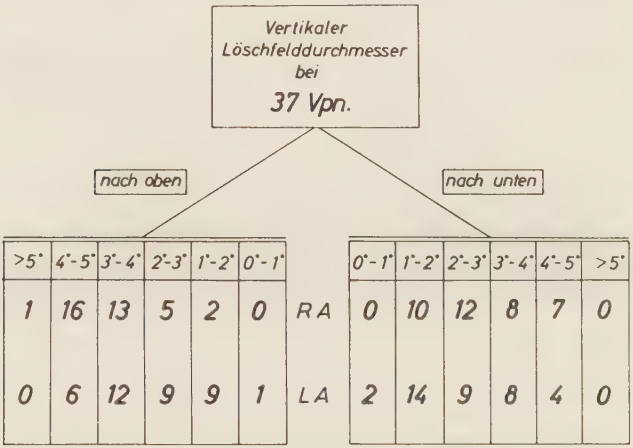
1. die Löschfeldausdehnung, gemessen als vertikaler Durchmesser zwischen oberer und unterer Grenze,
2. die Löschhäufigkeit an den einzelnen Punkten des Löschfeldes, als Maß für die Hemmungsintensität am jeweiligen Prüfort.

Da diese beiden Größen nicht unbedingt in einem proportionalen Verhältnis stehen müssen, (es kann z.B. in einem kleinen Löschfeld eine große Intensität herrschen), seien die Ergebnisse im folgenden getrennt nach Löschfeldausdehnung und Löschhäufigkeit dargestellt.

II. UNTERSUCHUNGEN IN DER RECHTEN GESICHTSFELDHÄLFTE

1. Löschfeldausdehnung. Tab. 1 zeigt die Löschfeldgrenzen bei den 37 Versuchspersonen. Aus der Tabelle wird ersichtlich, daß die Grenzen sehr streuen, weswegen kein Durchschnittswert angegeben werden kann. Jede Versuchsperson hat also ihre eigene Löschfeldgröße, die, wie wir noch sehen werden, eine gewisse Reproduzierbarkeit besitzt. Meist ergeben

sich größere Löschfelder als bei den Untersuchungen von NIETHAMMER. Betrachtet man Tab. 1 hinsichtlich der Löschfeldausdehnung auf rechtem und linkem Auge, so läßt sich lediglich sagen, daß in der rechten Gesichtsfeldhälfte die Mehrzahl der rechten Augen eine weiter peripher liegende Löschfeldgrenze besitzt als die Mehrzahl der linken Augen. Wie es sich dabei im Einzelfall verhält, soll uns später interessieren.



>5°	4°-5°	3°-4°	2°-3°	1°-2°	0°-1°		0°-1°	1°-2°	2°-3°	3°-4°	4°-5°	>5°
1	16	13	5	2	0	RA	0	10	12	8	7	0
0	6	12	9	9	1	LA	2	14	9	8	4	0

Tab. 1 Reichweite der Löschfelder in der rechten Gesichtsfeldhälfte auf den einzelnen Augen von 37 Versuchspersonen.
RA: Zahl der Vpn. bei Löschung auf dem rechten Auge.
LA: Zahl der Vpn. bei Löschung auf dem linken Auge.

2. Löschhäufigkeit. Während auf korrespondierenden Netzhautstellen bei 21 der 37 Versuchspersonen 100%ige Löschung sowohl auf dem rechten als auch auf dem linken Auge erfolgt, ergibt sich in der Vertikalen zur Löschfeldgrenze hin auf beiden Augen eine unterschiedlich starke Abnahme der Löschhäufigkeit. Zur Verdeutlichung dieser Intensitätsunterschiede stellten wir die Ergebnisse unter dem Gesichtspunkt der bei den einzelnen Versuchspersonen gefundenen Differenzen zwischen Löschhäufigkeit auf dem

rechten und linken Auge in einer Kurvenschar zusammen (Abb. 7). Diese Kurvenschar drückt das bei den meisten Versuchspersonen vorhandene Überwiegen der Löschhäufigkeit auf dem rechten gegenüber dem linken Auge aus (R > L).

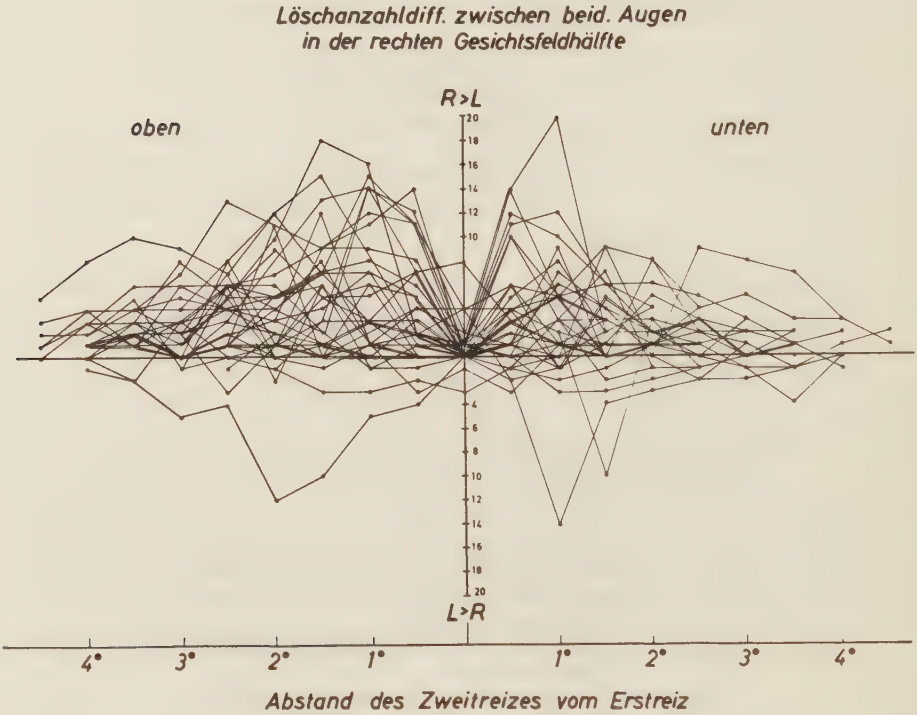
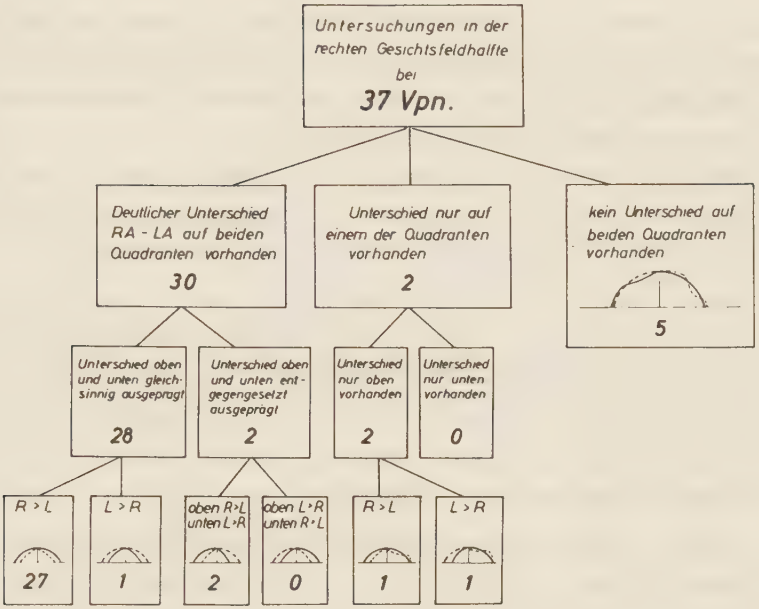


Abb. 7 Kurvenschar der an den einzelnen Prüforten gefundenen Differenzen der Löschhäufigkeit auf dem rechten und linken Auge. Rechte Gesichtsfeldhälfte. 37 Versuchspersonen.

Im Bereich von 1^{o} Abstand der Prüfreize voneinander prägt sich der Rechts-Links-Unterschied der Löschhäufigkeiten am stärksten aus.

Tab. 2 zeigt, wie sich diese Unterschiede auf die 37 Versuchspersonen verteilen.



Tab. 2 Die verschiedenartigen Differenzen zwischen der Löschfeldausprägung auf dem rechten und auf dem linken Auge bei den einzelnen Versuchspersonen.

Da dasjenige Auge, auf dem die größere Anzahl von Löschungen und damit die stärkere Hemmungsbereitschaft gefunden wurde, immer auch das größere Löschfeld aufwies, kann man auch beim Löschphänomen von einer Dominanz eines Auges über das andere sprechen. So ist festzustellen, daß bei den 27 Versuchspersonen, die den Unterschied R > L auf beiden rechten Gesichtsfeldquadraten zeigen, eine Dominanz des linken Auges über das rechte bezüglich der Fähigkeit das andere Auge zu löschen besteht. Eine solche Dominanz wollen wir künftig im Gegensatz zur Dominanz der Richtungslokalisation als s e n s o r i s c h e Dominanz bezeichnen.

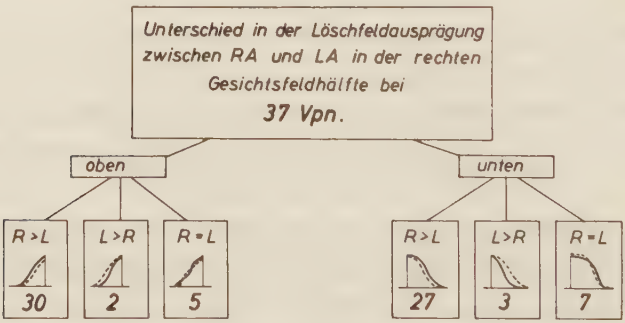
Bei 2 Versuchspersonen ergab sich nur auf einem der beiden rechten Quadranten die sensorische Dominanz des linken Auges. Eine sensorische Dominanz des rechten Auges in beiden Quadranten des Gesichtsfeldes wurde nur bei 1 Versuchsperson gefunden.

Kein R/L-Unterschied in einem Quadranten wurde angenommen bei Ergebnissen, die nicht mindestens eine durchschnittliche Differenz von 1,0 Löschungen aufwiesen, oder wenn sich die Löschhäufigkeitskurven von rechtem und linkem Auge mehrmals überschnitten (wie z.B. in Abb. 6b). Auf diese Weise wurden 5 Personen ermittelt, die die gleiche Anzahl von Löschungen rechts und links aufwiesen. 2 Versuchspersonen zeigten nur auf einem der beiden Quadranten einen deutlichen Unterschied.

3. Oberer Quadrant - unterer Quadrant. Betrachten wir nun die Unterschiede zwischen rechtem und linkem Auge hinsichtlich der Anzahl von Löschungen in ihrer Verteilung auf die beiden rechten Gesichtsfeldquadranten (Tab. 3).

Aus dieser Zusammenstellung ist zweierlei zu ersehen:

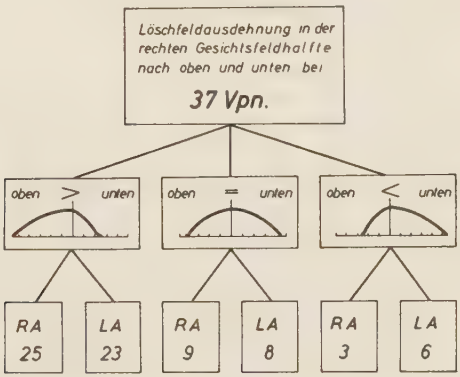
1. Im oberen Quadranten zeigen lediglich 2 Versuchspersonen auf dem linken Auge eine größere Anzahl von Löschungen als auf dem rechten Auge (L > R), dagegen 30 Versuchspersonen ein Überwiegen der Löschhäufigkeit auf dem rechten Auge (R > L), vergl. auch Tab. 1.



Tab. 3 Ausprägung des Rechts-Links-Unterschieds, im oberen und im unteren Quadranten der rechten Gesichtsfeldhälfte.

2. Im unteren Quadranten erscheinen die Unterschiede zwischen rechtem und linkem Auge hinsichtlich der Löschhäufigkeit nicht ganz so deutlich ausgeprägt wie im oberen Quadranten. Dennoch läßt sich auch hier ein Überwiegen der Löschhäufigkeiten auf dem rechten gegenüber dem linken Auge feststellen.

Vergleicht man nun weiterhin die Häufigkeiten der Löschfeldgrenzwerte bei den einzelnen Gradzahlen im oberen Quadranten mit denjenigen im unteren Quadranten (Tab. 1) so wird ersichtlich, daß die Grenzen im unteren Quadranten in der Mehrzahl nicht so weit peripher liegen wie im oberen, und dies sowohl auf dem rechten wie auf dem linken Auge. Da diese Tabelle jedoch nichts darüber aussagt, wie die Verhältnisse im Einzelfall liegen, stellten wir in Tab. 4 die Ergebnisse nach dem für die einzelnen Versuchspersonen ermittelten Verhältnis von Löschfeldgröße im oberen zur Löschfeldgröße im unteren Quadranten zusammen.



Tab. 4 Verhältnis der Löschfeldausdehnung im oberen zur Löschfeldausdehnung im unteren Quadranten, für beide Augen getrennt dargestellt.

Es ergibt sich, daß der weitaus größte Teil der Versuchspersonen ein Löschfeld besitzt, das vom Horizontalmeridian aus gemessen, um 1 - 2° weiter nach oben als nach unten reicht. Nur bei 3 Versuchspersonen war auf

dem rechten, bei 6 auf dem linken Auge ein nach unten hin größeres Löschfeld festzustellen. Dies bedeutet eine Bestätigung der schon von NIETHAMMER gemachten Beobachtung, daß das Löschfeld nach unten hin bei den meisten Personen abgeflacht ist.

Etwa 1/4 unserer Versuchspersonen zeigte keinen feststellbaren Unterschied zwischen der Löschfeldausdehnung nach oben und unten.

4. Löschfeld und Äugigkeit. Bis jetzt haben wir lediglich Aussagen über die Ausprägung des Löschphänomens auf dem rechten und linken Auge in den beiden rechten Gesichtsfeldquadranten gemacht, ohne dabei die Äugigkeit zu berücksichtigen. Ordnet man diese den Ergebnissen zu, so ergeben sich die in Tab. 5 dargestellten Verhältnisse.

	Löschfeldausprägung		
Führendes Auge	R > L	L > R	R = L
Rechts 18	13	2	3
Links 10	9	—	1
Äquivalenz 7	6	—	1
Gesamtzahl 35	28	2	5

Tab. 5 Löschhäufigkeitsunterschiede zwischen rechtem und linkem Auge bei den 3 Äugergruppen. Rechte Gesichtsfeldhälfte. Die 2 Versuchspersonen, bei denen gegensätzliche Löschfeldausprägung oben und unten besteht, wurden weggelassen.

Danach scheint die Äugigkeit auf den Rechts- Links- Unterschied der Löschhäufigkeiten keinen Einfluß zu haben. Sowohl bei Rechts-Äugern als auch bei Links-Äugern ist die Hemmung auf dem rechten Auge meist stärker als auf dem linken Auge, doch ist bei der Gruppe der Links-Äuger ein etwas stärker ausgeprägter R/L-Unterschied als bei den Rechts-Äugern festzu-

stellen. Weiterhin ist bemerkenswert, daß die einzigen 4 Versuchspersonen, die überwiegende Löschung auf dem linken Auge aufwiesen, Rechts-Äuger waren. Diese Verhältnisse soll Abb. 8 veranschaulichen.

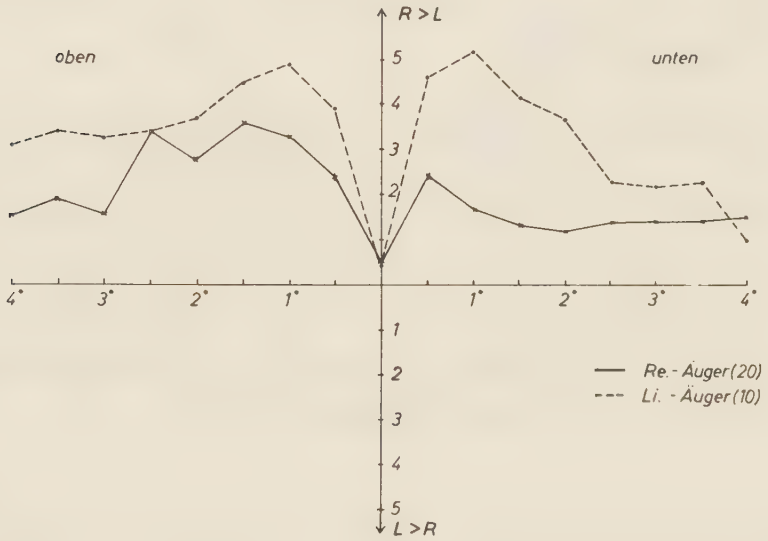


Abb. 8 Sensorische Dominanz und Äugigkeit.
Vergleich der aus den 2 Äugergruppen gewonnenen Mittelwerte für die R/L-Differenz an den einzelnen Prüforten in der rechten Gesichtsfeldhälfte.
In der Ordinate ist die durchschnittliche Löschanzahldifferenz zwischen rechtem und linkem Auge als R > L bzw. L > R aufgetragen.

Man erkennt zweierlei:

1. Die Gruppe der Links-Äuger zeigt durchschnittlich eine größere Differenz zwischen der Löschhäufigkeit auf dem rechten und dem linken Auge im Sinne von R > L als die Gruppe der Rechts-Äuger.
2. Das absolute Ausmaß der R/L-Differenz ist im unteren Gesichtsfeldquadranten bei beiden Kollektiven geringer als im oberen Quadranten. Dennoch fällt gerade im unteren Quadranten das unterschiedliche Verhalten der beiden Äugergruppen hinsichtlich der R/L-Differenz besonders deutlich auf.

Bei den Versuchspersonen mit Äquivalenz liegen die mittleren Werte für den R/L-Unterschied an den einzelnen Prüforten teils über, teils zwischen, teils unter denen der vorher genannten Gruppen.

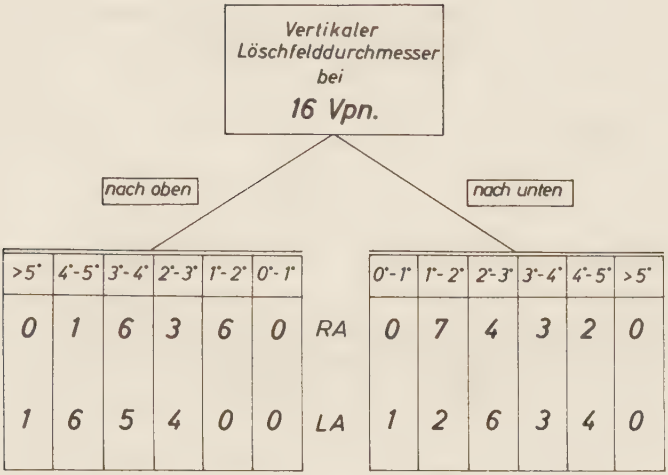
Die Unterschiede zwischen der Recht-Äugergruppe und der Links-Äugergruppe erwiesen sich jedoch auf einem Signifikanzniveau von 10% als statistisch nicht gesichert.

Auch ergab ein Vergleich der Löschhäufigkeiten auf dem rechten Auge zwischen den beiden Äugergruppen keinen signifikanten Unterschied. Vielmehr zeigte ein Vergleich der beiden Äuger-Kollektive nach dem U-Test von MANN und WHITNEY, daß für beide Grundgesamtheiten gleiche statistische Verteilung besteht. Demnach ist auf Grun d unserer Ergebnisse nicht auszuschließen, daß die gefundenen Differenzen rein zufällig sind, weswegen es gerechtfertigt ist anzunehmen, daß der stärker hemmende Einfluß des linken Auges in der rechten Gesichtsfeldhälfte bei den meisten Versuchspersonen unabhängig von der Äugigkeit erfolgt.

III. UNTERSUCHUNGEN IN DER LINKEN GESICHTSFELDHÄLFTE

Diese Versuche wurden mit 16 Personen durchgeführt.

1. Löschfeldausdehnung. Wie Tab. 6 zeigt, sind die Löschfelder auf dem linken Auge durchschnittlich größer als auf dem rechten Auge. Dieses Ergebnis steht also genau umgekehrt zu dem aus der rechten Gesichtsfeldhälfte. Darüberhinaus wurden aber auch in der linken Hälfte meistens Löschfelder gefunden, deren Grenzen im oberen Quadranten weiter peripher als im unteren Quadranten liegen.



>5°	4°-5°	3°-4°	2°-3°	1°-2°	0°-1°		0°-1°	1°-2°	2°-3°	3°-4°	4°-5°	>5°
0	1	6	3	6	0	RA	0	7	4	3	2	0
1	6	5	4	0	0	LA	1	2	6	3	4	0

Tab. 6 Reichweite der Löschfelder auf den einzelnen Augen von 16 Versuchspersonen.
Linke Gesichtsfeldhälfte. Vergl. Tab. 1

2. Löschhäufigkeit. Zuerst sei eine graphische Darstellung der Löschhäufigkeitsunterschiede analog der Abb. 7 wiedergegeben (Abb. 9). Vergleicht man die beiden Kurvenscharen von Abb. 7 und Abb. 9 miteinander, so fällt sofort auf, daß sich auch die R/L-Differenzen in der linken Gesichtsfeldhälfte umgekehrt zu denen in der rechten Gesichtsfeldhälfte ergeben. Die Mehrzahl der 16 Versuchspersonen zeigt also in der linken Hälfte eine größere Löschhäufigkeit auf dem linken Auge.

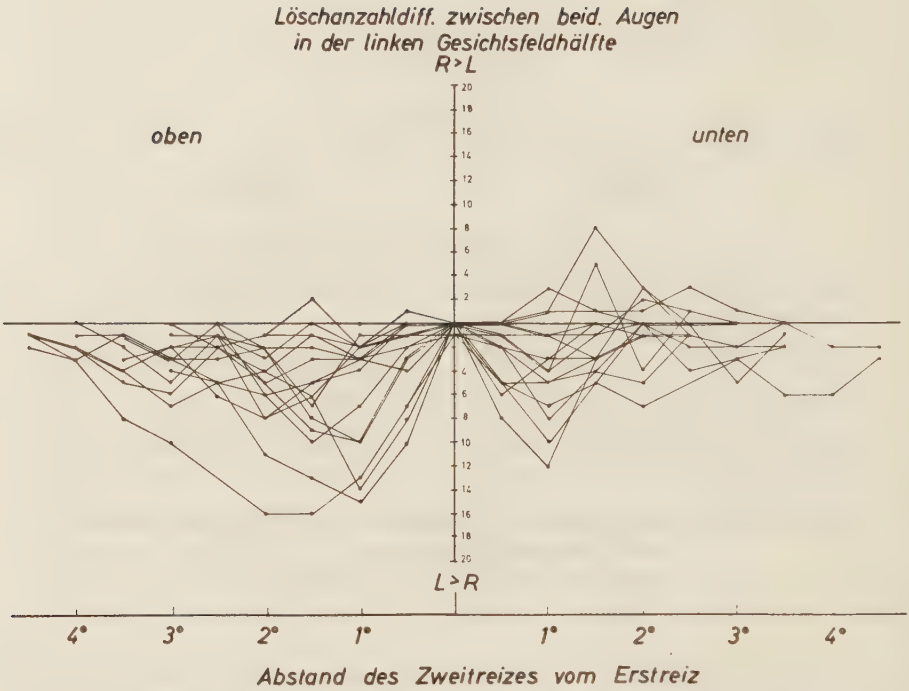
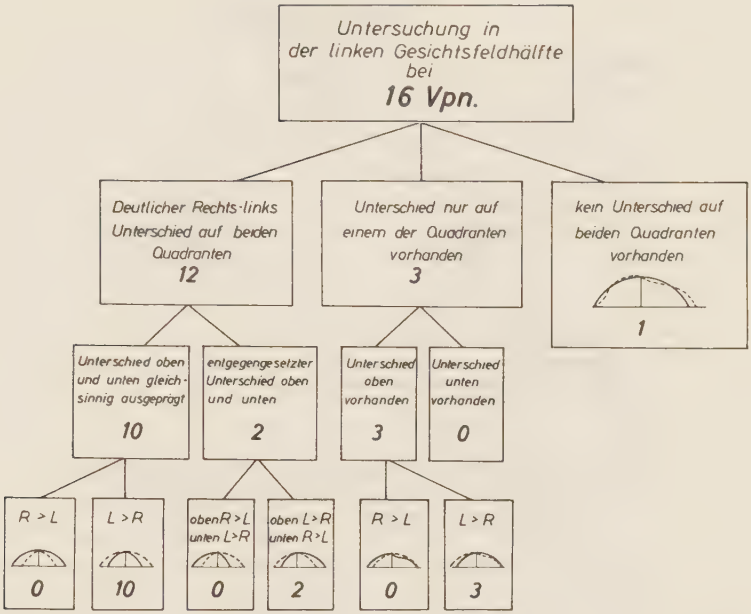


Abb. 9 Kurvenschar der an den einzelnen Prüforten gefundenen Differenzen der Löschhäufigkeiten auf dem rechten und linken Auge. Linke Gesichtsfeldhälfte. 16 Versuchspersonen.

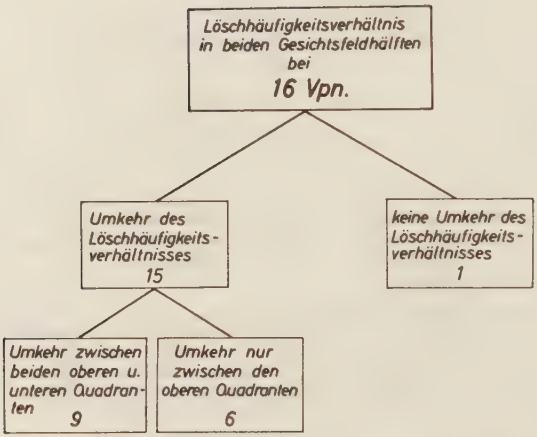
In Tab. 7 sind die Verhältnisse bei den einzelnen Versuchspersonen analog Tab. 2 wiedergegeben. Die Zahlenverhältnisse der einzelnen Gruppen ergeben sich dabei als beinahe identisch mit den auf der rechten Gesichtsfeldhälfte untersuchten 37 Versuchspersonen, nur eben unter umgekehrtem Vorzeichen (L > R statt R > L).



Tab. 7 Die verschiedenartigen Differenzen zwischen der Gesamtkurve der Löschhäufigkeiten auf dem rechten und der auf dem linken Auge bei den einzelnen Versuchspersonen. Linke Gesichtsfeldhälfte. Vgl. Tab. 2.

Man kann also sagen: Das Verhältnis der Löschhäufigkeiten von linkem und rechtem Auge ist in der linken Gesichtsfeldhälfte umgekehrt zu dem in der rechten Gesichtsfeldhälfte. In Tab. 8 ist diese Umkehr der Löschhäufigkeitsverhältnisse herausgestellt.

Lediglich 1 Versuchsperson zeigte keine Umkehr, d.h. in beiden Gesichtsfeldhälften von jedem Prüfort aus eine größere Löschhäufigkeit auf dem linken als auf dem rechten Auge, mit anderen Worten im Gesamtgesichtsfeld eine sensorische Dominanz des rechten Auges über das linke. Diese Versuchsperson zeigte beim Äugigkeitstest konstant Dominanz des rechten Auges.



Tab. 8 Umkehrung des Löschhäufigkeitsverhältnisses bei Untersuchungen der rechten und linken Gesichtsfeldhälfte.

3. Oberer Quadrant - unterer Quadrant. Die in der rechten Gesichtsfeldhälfte gefundenen Unterschiede zwischen oberem und unterem Gesichtsfeldquadranten hinsichtlich der Löschfeldgröße und der Löschhäufigkeit ergaben sich auch bei den Ergebnissen der linken Gesichtsfeldhälfte, d.h. es besteht auch hier eine Abflachung des Löschfeldes nach unten.

Führend. Auge	Nr.					Summe d. Differenz
Links	1	107/86 | +21	68/110 | -42	75/55 | +20	66/66 | 0	- 1
	2	116/100 | +16	71/99 | -28	104/86 | +18	95/93 | + 2	+ 8
	3	81/31 | +50	77/97 | -20	86/28 | +58	38/64 | -26	+ 62
	4	98/43 | +55	74/99 | -25	102/77 | +25	78/87 | - 9	+46
	5	74/57 | +17	50/73 | -23	64/27 | +37	31/40 | - 9	+ 22
	6	99/61 | +38	40/99 | -59	33/23 | + 10	30/61 | - 31	- 42
Rechts	7	107/91 | +16	105/124 | -19	71/61 | +10	78/97 | - 19	- 12
	8	90/37 | +53	30/64 | -34	43/24 | +19	28/26 | + 2	+40
	9	74/27 | +47	47/91 | -44	44/71 | -27	47/70 | - 23	-47
	10	123/108 | +15	72/77 | - 5	64/78 | -14	63/64 | - 1	- 5
	11	59/49 | +10	44/76 | -32	40/30 | + 10	29/34 | - 5	- 17
	12	63/51 | +12	96/107 | -11	42/37 | + 5	47/57 | - 10	- 4
	13	59/106 | -47	83/98 | -15	52/57 | - 5	54/65 | - 11	- 78
Äquivalenz	14	77/36 | +41	40/127 | -87	40/31 | + 9	39/87 | -48	- 85
	15	84/72 | + 12	52/57 | - 5	57/60 | - 3	67/54 | +13	+ 17
	16	92/50 | +42	72/92 | -20	65/54 | + 11	76/80 | - 4	+ 29
	Σ	+ 398	- 469	+ 183	- 170	
	M	+ 24,875	- 29,31	+ 11,4	- 10,6	

Tab. 9 Äugigkeit und Löschfeldausprägung. Erklärungen s. Text.

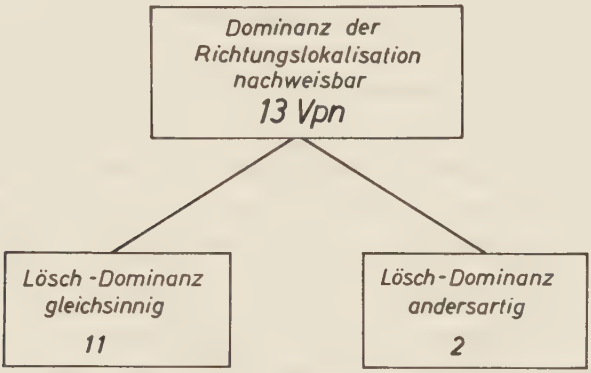
4. Äugigkeit. Bildet man für jede Versuchsperson die Summe aller für einen Gesichtsfeldquadranten ermittelten Löschhäufigkeiten auf jedem Auge, was der Summe aller für ein Auge ermittelten Hemmungsaktionen und damit der Hemmungsbreitschaft in diesem Quadranten entspricht, und ordnet sie nach der Äugigkeit, so ergibt sich Tab. 9. In dieser Tabelle sind für jede Versuchsperson sowohl die Summe der Löschhäufigkeiten in den einzelnen Gesichtsfeldquadranten von links nach rechts (in der oberen Zeile für das rechte, darunter für das linke Auge), als auch die jeweilige Differenz der beiden Werte aufgetragen. Die Differenzen mit + Zeichen bezeichnen das Überwiegen der Löschungen auf dem rechten Auge, die mit dem - Zeichen das Überwiegen auf dem linken Auge. In der letzten Spalte der Tabelle ist die Summe dieser Differenzen aufgeführt, sozusagen als Gesamtbilanz der Löschdifferenz zwischen rechtem und linkem Auge ("Löschdominanz") für jede Versuchsperson. Die Werte der 16 Versuchspersonen sind der Äugigkeit nach geordnet von oben nach unten aufgetragen.

Die Tabelle macht wiederum deutlich, daß die größeren Unterschiede in den beiden oberen Gesichtsfeldquadranten gefunden werden. Die Mittelwerte für die Differenzen in den unteren Quadranten betragen denn auch weniger als die Hälfte von den oberhalb des Horizontalmeridians gewonnenen Werte. So überrascht es nicht, daß in den unteren Gesichtsfeldanteilen häufiger "unerwartete" Differenzbeträge erscheinen (z.B. bei den Versuchspersonen Nr. 2, 8, 9, 10, 13 und 15), während in den beiden oberen Quadranten, von einer Ausnahme abgesehen, nur - oder + Differenzen im Sinne der beschriebenen Umkehr der Löschungsverhältnisse erscheinen, d.h. im linken Quadranten lediglich -Differenzen, im rechten Quadranten lediglich + Differenzen (Ausnahme Versuchsperson 13).

Im Zusammenhang mit der Äugigkeit fällt dabei auf, daß von den 6 Versuchspersonen mit Links-Äugigkeit 4 eine Gesamtbilanz R > L aufweisen, d.h. in der Summe aller Hemmungsvorgänge besteht hier eine stärkere Hemmungsbereitschaft des rechten Auges gegenüber dem linken. Eine Versuchsperson zeigte etwa gleiche Hemmung rechts und links; eine L > R. Bei den rechtsäugigen Versuchspersonen waren die Verhältnisse umgekehrt: 7 Versuchspersonen wiesen stärkere Hemmung des rechten Auges auf. Bei den Ver-

suchspersonen mit wechselnder Äugigkeit ist keine besondere Tendenz erkennbar. Die Differenzen sind sowohl nach der einen wie nach der anderen Seite zahlenmäßig nicht geringer als bei den anderen Äugergruppen.

In Tab. 10 sind die Verhältnisse zwischen Löschdominanz und Dominanz der Richtungslokalisation noch einmal übersichtlich zusammengestellt.



Tab. 10 Dominanz der Richtungslokalisation und Lösch-Dominanz.

Wenn auch die Aussagekraft dieser Aufstellung wegen der geringen Zahl von Versuchspersonen nicht sehr groß sein mag, so wird doch eine Tendenz deutlich. Die meisten Versuchspersonen mit nachgewiesener Dominanz der Richtungslokalisation eines Auges neigen beim Löschphänomen dazu, das andere Auge stärker zu hemmen. Bei anderen Versuchspersonen wiederum ist diese Beziehung nicht nachweisbar, bzw. im umgekehrten Verhältnis vorhanden, weswegen die statistische Auswertung der Tab. 10 auch keinen signifikanten Unterschied zwischen Rechts- und Links-Äugern erbrachte.

IV. Vergleich rechte - linke Gesichtsfeldhälfte. Zum Vergleich der Unterschiede von rechter und linker Gesichtsfeldhälfte ermittelten wir zuerst die durchschnittliche Anzahl von Löschungen auf dem rechten und linken Auge für jeden Prüfort in der rechten und linken Gesichtsfeldhälfte (Abb. 10). Man sieht, daß auf der linken Gesichtsfeldhälfte die Löschhäufigkeitsverhältnisse der rechten Gesichtsfeldhälfte von Punkt zu Punkt umgekehrt gefunden werden, wobei die Differenzen der Löschhäufigkeiten zwischen rechtem und linkem Auge in den jeweiligen oberen Quadranten des Gesichtsfeldes deutlicher herauskommen als in den unteren Quadranten. Wenn wir also für die rechten Gesichtsfeldanteile die Feststellung trafen, daß hier in sensorischer Hinsicht meistens das linke Auge dominiert, so gilt für die linke Hälfte des Gesichtsfeldes genau umgekehrtes: Das linke Auge wird in den meisten Fällen stärker durch das rechte gehemmt als umgekehrt, d.h. hier besteht sensorische Dominanz des rechten Auges.

Diese Umkehr des Löschhäufigkeitsverhältnisses zwischen rechtem und linkem Auge in der linken Gesichtsfeldhälfte, ließ sich im Paar-Vergleich nach WILCOXON statistisch sichern (5%-Niveau). Als zu vergleichendes Wertepaar für jede einzelne Versuchsperson wurde die Anzahl der Löschungen auf dem rechten Auge an sich entsprechenden Prüforten der rechten und linken Gesichtsfeldhälfte gewählt (also z.B. Vergleich der Löschhäufigkeit auf dem rechten Auge bei $1/2^{o}$ Abstand der Prüfreize nach oben in der rechten Gesichtsfeldhälfte mit der Löschhäufigkeit auf dem rechten Auge bei $1/2^{o}$ Abstand nach oben in der linken Gesichtsfeldhälfte; vgl. Tab.-Anhang)

Da die Äugigkeit, wie wir gesehen hatten, keinen statistisch gesicherten Einfluß auf die Löschhäufigkeit hat, unser Gesamtkollektiv unter diesem Gesichtspunkt vielmehr als homogen anzusehen ist, erübrigt sich für eine statistische Sicherung des erwähnten Umkehrverhaltens die Unterteilung in die einzelnen Äugergruppen.

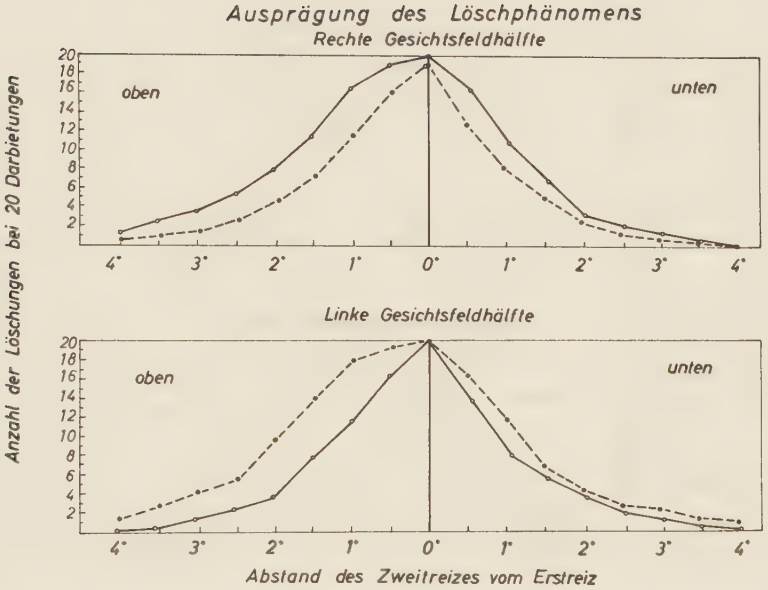


Abb. 10 Mittelwertskurve der Löschhäufigkeitsergebnisse von 16 auf beiden Gesichtsfeldhälften untersuchten Versuchspersonen.

—— Löschg. auf dem RA
---- Löschg. auf dem LA

V. REPRODUZIERBARKEIT

Wir untersuchten 2 zuverlässige Versuchspersonen mit typischen Ergebnissen zu verschiedenen, bis zu 4 Monaten auseinanderliegenden Zeitpunkten im Hinblick auf die Wiederholbarkeit des Einzelbefundes.

Abb. 11a und b zeigen die gefundenen Ergebnisse. Wenn auch die absolute Anzahl von Löschungen vom jeweiligen Prüfort aus nicht sicher reproduzierbar ist, so läßt sich doch ein typischer Kurvenverlauf und damit eine typische Ausprägung der Hemmungsintensität bei jeder Versuchsperson feststellen.

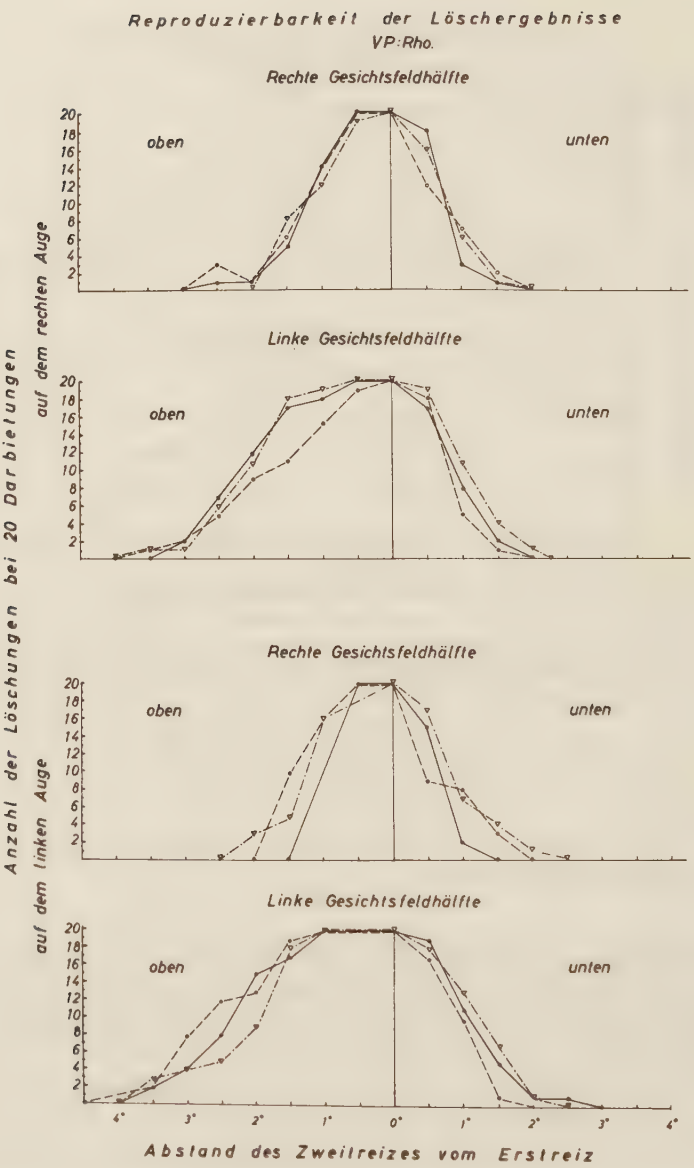


Abb. 11a Reproduzierbarkeit der Löschergebnisse bei 3maliger Bestimmung der Löschfeldausdehnung auf jedem Auge. Vp. Rho.

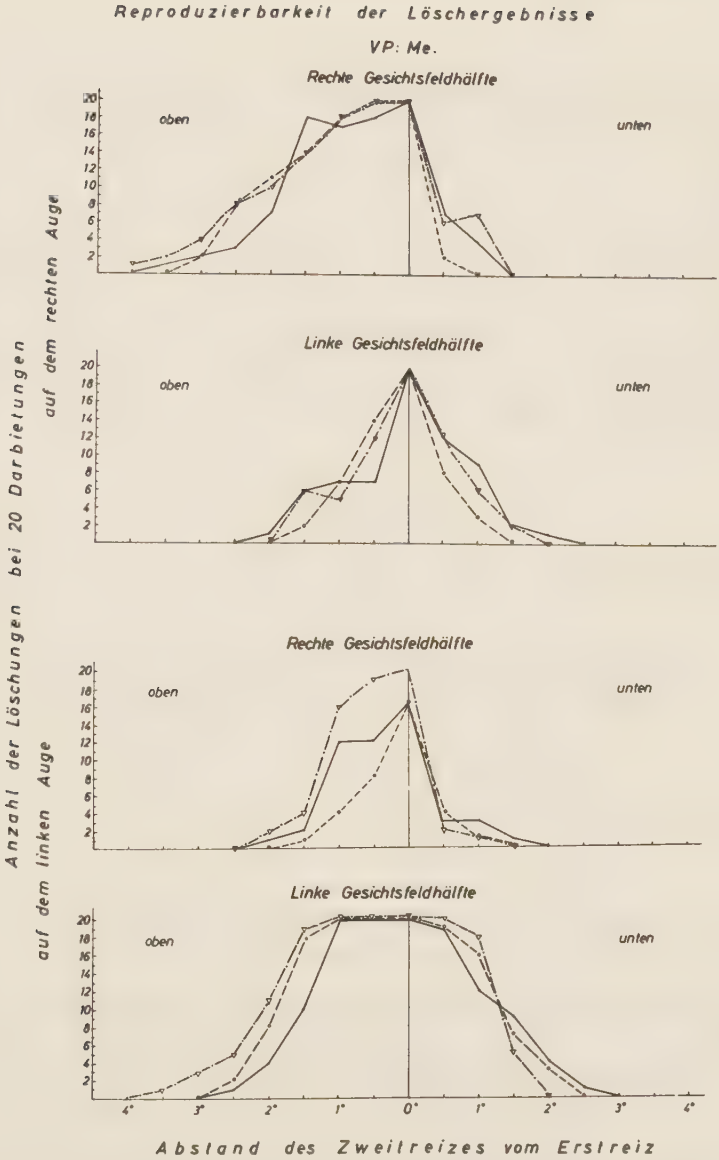
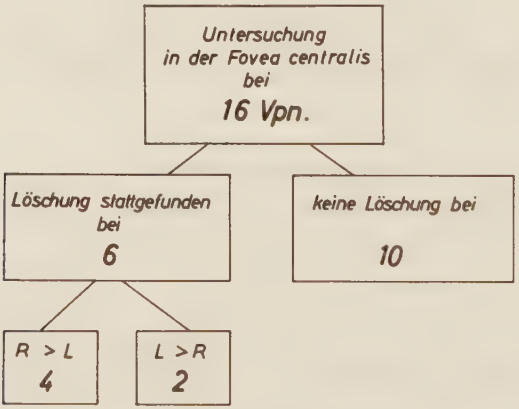


Abb. 11b Reproduzierbarkeit der Löschergebnisse bei 3maliger Bestimmung der Löschfeldausdehnung auf jedem Auge. Vp. Me.

VI. LÖSCHVERHÄLTNISSE IN DER FOVEA CENTRALIS

Tab. 12 zeigt eine Darstellung der Löschhäufigkeiten in der Fovea centralis. Wie nach den Ergebnissen NIETHAMMER's nicht anders zu erwarten war, zeigten die meisten Versuchspersonen an diesem Ort überhaupt keine Löschung. Den wenigen Personen, die ein kleines Löschfeld in der Fovea aufwiesen, bereitete die Beobachtung des Löschphänomens erhebliche Schwierigkeiten, einmal wegen der geringen Größe der Prüfzeichen, zum andern weil Erstreiz und Zweitreiz oft als zueinander seitlich versetzt erschienen und im Rahmen einer Fusionsbewegung zu "schwimmen" begannen. Dies war bei den Untersuchungen 4^{o} peripher niemals oder nur bei großer Müdigkeit der Versuchsperson aufgetreten.



Tab. 11 Löschverhältnisse in der Fovea centralis.

Nur sehr geübte und kritische Versuchspersonen vermochten diese Erscheinung näher zu differenzieren. Danach wurden 2 Möglichkeiten der Wahrnehmung unserer Prüfreize angegeben:

1. Erst- und Zweitreiz geometrisch "richtig" wahrgenommen, d.h. in der Lage zueinander wie sie auf die Leinwand projiziert wurden.
2. Erstreiz als richtig auf den Fixationspunkt projiziert, Zweitreiz als seitlich verschoben wahrgenommen. Mehr oder weniger deut-

liche "Korrektion" der Stellung des Zweitreizes durch Fusionsbewegung.

Nur im ersten Fall, unter exakter beidäugiger Einstellung auf den Fixationspunkt, war eine sensorische Hemmung auslösbar. Diese konnte jedoch keineswegs immer, und wenn, dann nur sehr unregelmäßig, d.h. in ihren absoluten Werten nicht reproduzierbar, ausgelöst werden. Zwei sehr zuverlässige Versuchspersonen, die zuerst Löschung in der Fovea angegeben hatten, empfanden bei Wiederholung der Versuche zu einem späteren Zeitpunkt keine Löschung mehr. Ferner konnten wir feststellen, daß bei manchen Versuchspersonen die unter 1 und 2 beschriebenen Wahrnehmungen innerhalb einer Versuchsserie wechselten, so daß wir mit unserer haploskopischen Methode auch keine Aussagen über die Beziehungen zur Äugigkeit der einzelnen Versuchspersonen gewinnen können. Vielmehr wiesen unsere Ergebnisse auf die Schwierigkeit einer exakten binocularen Fixation und somit auf die Fragwürdigkeit der durch Prüfung der Richtungslokalisation festgestellten und für jede Versuchsperson als festgelegtes Charakteristikum angegebenen Äugigkeit hin.

Eine Korrelation zwischen den mit Hilfe der ROSENBACH'schen und MILES'schen Methode festgestellten Äugergruppen und unserem nicht ganz eindeutigen Ergebnis der Tab. 6 ließ sich nicht herstellen:

Die Gruppe der 10 keine Löschung angebenden Versuchspersonen setzt sich zusammen aus Angehörigen aller drei Äugergruppen. In ihr waren sämtliche Links-Äuger vertreten.

In der anderen, Löschungen zeigenden Gruppe, fanden wir 4 Versuchspersonen mit Rechts-Äugigkeit und 2 mit Äquivalenz.

Bei der Unsicherheit der einzelnen Angaben ist auch nicht anzunehmen, daß sich in einer größeren Personengruppe eine Korrelation zwischen Äugigkeit und Löschhäufigkeit in der Fovea centralis hätte ergeben können.

D. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Bevor wir die Ergebnisse diskutieren, seien sie noch einmal kurz zusammengefaßt:

1. Die Löschfelder sind individuell verschieden groß. Innerhalb eines Löschfeldes nimmt die Hemmung zur Peripherie hin kontinuierlich an Intensität ab; d.h. bei 20maliger Wiederholung läßt die Häufigkeit des Löschphänomens, welches auf korrespondierenden Netzhautstellen fast immer auftritt, zur Peripherie hin kontinuierlich nach. Exakte Löschfeldgrenzen lassen sich dabei nur sehr schwer bestimmen. Bei gleichem Abstand der Prüfreize voneinander ist in einem größeren Löschfeld an jedem Prüfort eine größere Anzahl von Löschungen auslösbar als an vergleichbaren Stellen in einem kleineren Löschfeld; d.h. bei der Ausprägung des Löschphänomens gehen Intensität und Größe des Löschfeldes Hand in Hand.

2. In der linken Gesichtsfeldhälfte ist die Hemmung auf dem linken Auge stärker als an vergleichbarer Stelle auf dem rechten Auge. In der rechten Gesichtsfeldhälfte ist es umgekehrt: Das rechte Auge wird stärker gehemmt als das linke.

3. Die Äugigkeit scheint in vielen Fällen Einfluß zu haben auf die Gesamtzahl der Hemmungsaktionen aller 4 Quadranten des Gesichtsfeldes: Bei Rechts-Äugigkeit ist dann die Summe der Löschungen auf dem linken Auge größer als auf dem rechten. Bei Links-Äugigkeit ist es umgekehrt. Das führende Auge scheint das nichtführende bei diesen Versuchspersonen also stärker zu hemmen als umgekehrt. Eine statistische Signifikanz dieser Beziehung ist allerdings nicht nachweisbar. Lediglich bei 1 Versuchsperson scheint der Einfluß der Äugigkeit stärker zu sein als der Einfluß der Gesichtsfeldhälfte.

4. In beiden Gesichtsfeldhälften ist bei den meisten Versuchspersonen das Löschfeld nach unten hin abgeflacht und die Löschhäufigkeit im unteren Quadranten geringer als im entsprechenden oberen.

5. In der Fovea centralis ist meist kein Löschfeld nachweisbar. Selbst auf korrespondierenden Netzhautstellen in der Fovea ist nur bei 6 von 16 Versuchspersonen eine Löschung auslösbar. Die Anzahl der Löschungen ist jedoch nicht reproduzierbar, daher ist eine Aussage über sensorische Dominanz in der Fovea nicht möglich.

Die unter 1. - 4. aufgeführten Ergebnisse wurden, wie gesagt, aus den Löschhäufigkeiten in der Vertikalen eines Löschfeldes bei 4^{o} rechts bzw. links peripher gewonnen. Die Ergebnisse von NIETHAMMER, sowie eigene orientierende Untersuchungen an anderen Punkten des peripheren Gesichtsfeldes ergaben hinsichtlich des Löschhäufigkeitsverhältnisses zwischen beiden Augen gleiche Ergebnisse wie 4^{o} peripher, so daß es berechtigt erscheint, die qualitative Aussage unserer Ergebnisse auf die jeweilige gesamte Gesichtsfeldhälfte zu übertragen.

Wie bereits angedeutet, nehmen wir die Summe zweier verschiedener Einflüsse auf die sensorische Domin anz für das Zustandekommen unserer Löschungsergebnisse an:

1. Einen Einfluß der Hirnhälfte, in der die Lichtreize zur binocularen Interaktion gelangen. Er bewirkt, daß bei Untersuchungen in der linken Gesichtsfeldhälfte das rechte Auge als prävalierend, in der rechten Gesichtsfeldhälfte das linke Auge als prävalierend im Sinne der binocularen Hemmungsaktivität erscheint.

2. Den Einfluß der Äugigkeit.
Befassen wir uns zuerst mit dem ersten Mechanismus.
Da Sehdinge aus der rechten Gesichtsfeldhälfte im rechten Auge auf der nasalen, im linken Auge auf der temporalen Netzhauthälfte abgebildet werden, kann man generell sagen: Die Empfindung eines Reizes auf der nasalen Netzhauthälfte eines Auges wird durch einen gleichartigen Reiz auf der entsprechenden temporalen Netzhauthälfte des anderen Auges stärker gehemmt als bei umgekehrter Einflußnahme; d.h. die temporale Netzhauthälfte eines

Auges dominiert in sensorischer Hinsicht über die nasale des anderen Auges.

Im allgemeinen wird heute angenommen, daß die Nervenfasern, die der nasalen Netzhauthälfte entstammen, im Chiasma opticum eine Kreuzung zur Hirnhemisphäre der Gegenseite erfahren, wohingegen sich die temporalen Anteile in die ipsilaterale Hemisphäre fortsetzen. Das bedeutet, daß Reize aus der rechten Gesichtsfeldhälfte beider Augen eine neuronale Fortleitung in die linke Hirnhemisphäre erfahren. Prüfreize links vom Fixationspunkt projizieren sich dementsprechend in die rechte Hirnhälfte. Nach unseren Ergebnissen scheint dementsprechend bei den meisten Personen jede der beiden Hirnhemisphären beim Empfang disparater Reize das gleichnamige Auge bezüglich der binocularen Hemmungsaktivität zu bevorzugen.

Nun ist die zitierte Annahme der vollständigen Sehnervenfaserkreuzung nasaler Netzhautanteile im Chiasma opticum, die sich auf die alten Befunde von HENSCHEN (1926), WILBRAND et al (1904) und ROENNE (1919) stützt, des öfteren angezweifelt worden. So wies MINKOWSKI (1920) eine geringgradige Durchmischung von Fasern aus nasaler und temporaler Netzhauthälfte im Chiasma opticum des Menschen nach, die zumindest für Stellen in der Nähe eines durch die Fovea gelegten Vertikalmeridians gilt. Zwar bestehen dabei große individuelle Schwankungen, doch ist nach den anatomischen Studien MINKOWSKI's eine strenge vertikale Grenze der beiden Gesichtsfeldhälften dem Nervenfaserverlauf nach abzulehnen.

Die Frage einer dichotomischen Aufteilung einzelner Nervenfasern in beide Tractus optici wurde aktuell, als RAMON Y CAJAL (1909) an Kaninchensehnerven eine solche Aufspaltung nachweisen konnte. POLYAK hat jedoch 1957 festgestellt, daß eine solche Aufspaltung einzelner Nervenfasern im menschlichen Chiasma opticum nicht existiert, somit auch nicht als Erklärung für einen etwaigen unterschiedlichen Erregungsfluß von Reizen auf korrespondierenden Netzhautstellen in Richtung auf eine der beiden Hirnhemisphären dienen kann.

Uneinigkeit herrscht über den Verlauf der Fasern aus dem Bereich zwischen Macula und Papille. Während im Lehrbuch von DUBOIS-POULSEN (1952)

diese Fasern als am temporalen Rand der Papille einstrahlend und dementsprechend als mit den Fasern der temporalen Netzhautanteile weiterziehend dargestellt sind, beschreiben POSNER und SCHLOSSMANN (1948) diesen Faseranteil als eindeutig auf der nasalen Seite der Papille einmündend. Sie rechnen diese Fasern zwischen Macula und Papille zu den mit den anderen nasalen Netzhautnervenfasern im Chiasma zur Gegenseite kreuzenden Fasern.

Es ist auch nicht einzusehen, warum die Trennung der Netzhautnervenfasern genau entlang der Vertikalen durch die Macula erfolgen soll, einer Stelle, wo das zur Papille hin ziehende Nervenfasermuster homogen und ununterbrochen erscheint, während andererseits an der entwicklungsgeschichtlich bedingten horizontalen Raphe in der temporalen Netzhauthälfte, die schon von KOELLIKER (1854) nachgewiesen wurde, eine teilweise Überkreuzung und Mischung von Fasern oberhalb und unterhalb der Raphe als sicher gelten kann (BALLANTYNE 1946). Andererseits spricht jedoch die exakte Halbseitensymptomatik der Gesichtsfeldausfälle bei Occipitalhirnverletzungen für die Annahme einer strengen Trennung der Nervenfaseranteile von temporaler und nasaler Netzhauthälfte entlang dem Vertikalmeridian.

Da unsere Versuche bei 4^{o} peripher ziemlich dicht an der Grenze zwischen nasaler und temporaler Netzhauthälfte durchgeführt wurden, könnte man unter Berücksichtigung der angegebenen anatomischen Verhältnisse allenfalls vermuten, daß die unterschiedliche Ausprägung des Löschphänomens auf beiden Augen Ausdruck ist für die individuelle Sehnervenfaserverteilung auf die beiden Hirnhälften. Das bei den meisten Versuchspersonen feststellbare Dominieren der temporalen über die nasale Netzhauthälfte könnte daher rühren, daß die Erregung der ungekreuzt verlaufenden temporalen Netzhautfasern nur in eine Hirnhälfte gelangen, während über die nasalen Fasern des anderen Auges die meisten Erregungen zwar ebenfalls in dieser Hemisphäre ankommen, einige jedoch auch in die andere Hälfte gelangen. Dadurch wäre in der Hirnhälfte, die die temporalen Erregungen aufnimmt, ein Defizit an Erregung für Reize aus der korrespondierenden nasalen Netzhauthälfte des anderen Auges denkbar. Da eine Konfrontation der Sehein-

drücke beider Augen in den höheren Zentren der Sehwahrnehmung angenommen werden muß, könnte dort der Mechanismus der "indirekten Hemmung" (HUBEL und WIESEL 1959) zur Wirkung kommen: Konvergieren in einer Neuronengruppe zwei Wege, so kommt es bei zu starker Impulsation im ersten Weg (in unserem Fall der Weg der temporalen Fasern) zu einer Hemmung der Impulse im zweiten Weg (Weg der nasalen Fasern). Dem entspricht auch die Aussage von GRUESSER und GRUESSER-CORNEHLS (1965) über korrespondierende Netzhautstellen: "Ist der Erregungszufluß aus einem Auge größer als von der korrespondierenden Stelle des anderen Auges, so wird das Gleichgewicht in den zwei Schichten der ersten binocularen Integration gestört, die Verarbeitung der Information von einem Auge wird unterdrückt."

Nun ist aber, wie schon eingangs festgestellt, die von uns gefundene Dominanz auch bei 6^{o} und 8^{o} peripher nachweisbar, in Netzhautgebieten also, deren temporale bzw. nasale Faserzüge höchstwahrscheinlich in eine einzige Hirnhemisphäre gelangen. Außerdem ist es ja nicht so, daß Reize auf der nasalen Netzhauthälfte Empfindungen auf der temporalen gar nicht zu löschen vermögen; der Unterschied in der Hemmungsaktivität ist vielmehr ein gradueller, der überdies auf exakt korrespondierenden Netzhautstellen meistens nicht vorhanden ist. Dies zusammen mit der Tatsache, daß an ein und demselben Prüfort unter völlig gleichen Bedingungen während 20 Darbietungen einmal vollständige Löschung, dann wieder deutliches Bestehenbleiben des Erstreizprüfzeichens wahrgenommen wird, wodurch sich eine Dominanz der temporalen Netzhauthälfte über die nasale erst in der Summe der Löschungen ergibt, spricht dafür, daß unser Löschphänomen das Ergebnis verschiedener "indirekter Hemmungsvorgänge" darstellt, die in den höheren optischen Zentren ablaufen müssen. Hierfür eine rein anatomische Erklärung zu geben ist bis heute unmöglich. COLENBRANDER hat 1965 wieder darauf hingewiesen, daß die Art der retino-cortikalen Verknüpfung anatomisch nicht geklärt ist: Die Faseranordnung nach Quadranten und Zentrum gilt anatomisch schon in den 6 Schichten des Corpus geniculatum laterale nicht mehr. Die funktionelle Faserordnung geschieht durch Übung und Bahnung im frühen Kindesalter.

Unzählige Versuche sind deshalb unternommen worden um Hemmungsvorgänge beim Sehakt mit Hilfe elektrophysiologischer Methoden zu erfassen. Fast alle Ergebnisse stützen sich dabei auf die Registrierung von elektrischen Potentialen, die teils durch monoculare, teils durch binoculare Photostimulation an Gehirnen höherer Wirbeltiere erzeugt werden (evoked potentials). GRUESSER et al. (1960, 1962) haben diesbezüglich eingehende Untersuchungen am Corpus geniculatum laterale, sowie am visuellen Cortex der Katze angestellt, die sich nach ihrer Meinung zum großen Teil auf die Verhältnisse beim Menschen übertragen lassen. Aus der Art der Elektropotentiale hatten sich Hinweise auf gewisse "Dominanzen" ergeben. So wurden im visuellen Cortex der Katze sogenannte monocular dominante Neurone gefunden, deren Entladungsmuster bei binocularer synchroner und gleich heller Belichtung lediglich von einem Auge bestimmt werden; d.h. ihr binoculares Entladungsmuster unterscheidet sich nicht wesentlich von dem bei Belichtung allein des "dominanten" Auges auftretenden monocularen Entladungsmuster.

Interessant ist hierbei, daß die Hälfte dieser Neurone mit monocularer Dominanz während der Belichtung des dominanten Auges keine Änderung der spontanen Entladungsfrequenz zeigten, wenn eine zusätzliche Belichtung des nichtdominanten Auges erfolgte, während bei der anderen Hälfte der monoculardominanten Neurone eine Verminderung der Entladungsfrequenz bei binocularer Belichtung im Vergleich zur Belichtung des dominanten Auges allein nachweisbar war. Dieser hemmende Einfluß der nichtdominanten Neurone bei der zweiten Gruppe soll besonders deutlich sein bei phasenverschobenen Lichtreizen, wie es also etwa unserer Versuchsanordnung entspricht. Der Einfluß dieser Neurone wird von GRUESSER für den Wettstreit der Sehfelder verantwortlich gemacht.

Es drängt sich somit ein unmittelbarer Vergleich auf zwischen den objektiven Prüfungen GRUESSER's und unserer subjektiven Methode zur Erforschung der Hemmungsvorgänge beim Binocularsehen. Doch scheint es nicht gerechtfertigt zu sein, die von GRUESSER gefundenen Impulshemmungen mit der Bildhemmung in unseren Versuchen einfach gleichzusetzen. HUBEL

und WIESEL (1962) hatten unter ähnlichen Versuchsbedingungen wie GRUESSER eine Summation von Impulsen bei Erregung cortikaler binocularer Felder gefunden, dagegen eine Unterdrückung der Impulse eines Auges bei Reizung nichtkorrespondierender Netzhautstellen festgestellt. Da wir jedoch gerade auf korrespondierenden Netzhautstellen eine maximale Bildhemmung finden, können die bis jetzt elektrophysiologisch feststellbaren Impulshemmungen nicht zur Erklärung unseres Löschphänomens herangezogen werden. Sie sind jedoch sinnesphysiologische Grundvorgänge, die vielleicht für das Zustandekommen einer Bildhemmung Voraussetzung sind.

Für den Vorgang der Bildhemmung hat HARMS 1937 ein besonderes Nervenzentrum, das sogenannte sensorische Verschmelzungszentrum angenommen. HARMS läßt jedoch die Frage offen, ob die binocularen Hemmungsvorgänge, deren Ursprung er in der Ebene dieses sensorischen Verschmelzungszentrums annimmt, sich auf dieser Ebene allein vollziehen, oder ob Hemmungsimpulse durch zentrifugale Fasern zur Retina geleitet und dort erst wirksam werden. Seit man um die Existenz solcher zentrifugaler Fasern weiß (MONAKOW (1905), BIEMOND (1930), BERESFORD (1961), WOLTER und KNOBLICH (1965)) wurde versucht, deren Funktion beim Sehakt, speziell beim binocularen zu erforschen (GRANIT (1955), DODT (1956), AYMONE-MARSAN und MORILLO (1961), SZENTAGOTHAI (1963), HULL (1968)). Fast alle Autoren haben dabei das Sehsystem niederer und höherer Tiere untersucht und elektrophysiologisch meßbare zentrifugale Erregungs- und Hemmungsabläufe registrieren können, doch lassen die Ergebnisse keinen Schluß zu über die Bedeutung der "centrifugal control" für das menschliche Binocularsehen. Somit können wir auch keine weiteren Angaben machen über den genauen Sitz der zentralen Hemmungsmechanismen.

Unsere gegenüber der Netzhautperipherie stark abweichenden Löschergebnisse aus dem Bereich der Fovea centralis weisen auf die andersgeartete Projektion dieses Netzhautbereichs im visuellen Cortex hin. Es ist bekannt, daß die Fovea centralis eines jeden Auges in beiden Hirnhälften repräsentiert ist. Neuerdings wiesen CHOUDHURY und WHITTERIDGE (1965) auf neuronale Verbindungen über das Corpus callosum zwischen Area 18 der

linken und der rechten Hirnhemisphäre hin, als sie durch Registrierung von evoked potentials aus beiden Hirnhemisphären zeigen konnten, daß solche Verbindungen für alle rezeptorischen Felder des Vertikalmeridans durch die Fovea centralis bestehen.

WOLF und ZIGLER (1965) gelangten auf Grund von Bestimmungen der binocularen Schwellenleuchtdichte für korrespondierende Netzhautstellen in der Peripherie und auf dem Vertikalmeridian des binocularen Gesichtsfeldes zu der Ansicht, daß Reizschwellenerniedrigung, als Ausdruck der binocularen Summation, nur in der Peripherie möglich ist, also wenn Reize beider Augen gleiche Rindenfelder derselben Hirnhemisphäre erreichen. Auf korrespondierenden Netzhautstellen entlang eines durch die Fovea centralis gelegten Vertikalmeridians, deren zentrale Projektion in beiden Hirnhälften angenommen wird, war keine binoculare Schwellenerniedrigung feststellbar. Daß andererseits auch keine Summation der Helligkeitsempfindungen beider Foveae erfolgt, spricht für einen auf höherer Ebene ablaufenden gegenseitigen Hemmungseinfluß der einzelnen Empfindungen. Nun fanden wir, daß sich im Bereich der Fovea centralis ein Bild viel schwerer unterdrücken läßt als in der Peripherie. Andererseits ist bekannt, daß bei einigen Formen des Schielens gerade die Fovea einen deutlichen Hemmungseinfluß auszuüben vermag, und zwar hemmt die Fovea des Führungsauges diejenige Netzhautstelle im schielenden Auge, die mit ihr abbildungsgleich ist (Fixierpunktskotom nach HARMS), während sich gleichzeitig in der Fovea des schielenden Auges ein Skotom nachweisen läßt, was auf gute Unterdrückbarkeit dieser Netzhautstelle schließen läßt.

Wir müssen also annehmen, daß unter den pathologischen Sehverhältnissen des Schielens eine starke binoculare Hemmungsaktivität zwischen der Fovea centralis und der mit ihr abbildungsgleichen Netzhautstelle im anderen Auge besteht. REMKY vertrat daher 1948 die Ansicht, "daß Hemmung der Maculafunktion mit dem Verlust der Eigenschaft der Macula als Ausrichtungszentrum der Lokalzeichen verbunden" sei. Wenn dies zutrifft, so überrascht es nicht, wenn wir bei Personen mit normalem Binocularsehen

nur sehr geringe gegenseitige Hemmungseinflüsse beider Foveae feststellen können. Die Stelle schärfsten Sehens, die alleine ja kein Stereosehen ermöglicht, wird bei Personen mit normalem Binocularsehen in viel geringerem Maß der binocularen Wechselhemmung unterworfen als die Netzhautperipherie, in der unterschiedliche Bilder auf korrespondierende Netzhautstellen fallen und zu einem räumlichen Gesamtbild geordnet werden.

Interessant ist in diesem Zusammenhang das Ergebnis aus den unteren Gesichtsfeldanteilen, wo wir eine geringere Ausprägung des Löschphänomen mit geringeren Differenzen zwischen temporaler und entsprechender nasaler Netzhauthälfte beider Augen feststellen konnten als in den oberen Gesichtsfeldanteilen. Die untere Gesichtsfeldhälfte verhält sich also bezüglich der Löschvorgänge foveaähnlicher. Sowohl die Fovea als auch die untere Gesichtsfeldhälfte erfassen bei natürlichem Geradeausblick für eine Orientierung im Raum bedeutsamere Umwelteindrücke als die obere Gesichtsfeldhälfte, was zu Spekulationen über die "Wichtigkeit" bestimmter Netzhautstellen verleiten könnte.

Wir wollen jedoch lieber andere mit Hilfe subjektiver Untersuchungsmethoden gefundene Ergebnisse zum Vergleich heranziehen.

Die von uns gefundene Dominanz der temporalen über die nasale Netzhauthälfte scheint im Widerspruch zu stehen zu den Ergebnissen von KOELLNER, der 1914 auf Grund von Versuchen mit verschiedenfarbigen Gläsern vor beiden Augen darauf hingewiesen hatte, daß im binocularen Gesichtsfeld die temporale Gesichtsfeldhälfte über die nasale in der Empfindung dominiert, d.h. die nasale Netzhauthälfte eines Auges wird zumindest bei unterschiedlichen Farbeindrücken beider Augen von der temporalen Netzhauthälfte des Partnerauges weniger stark gehemmt als umgekehrt. Dennoch müssen KOELLNERs Ergebnisse nicht im Widerspruch zu den unseren stehen, da nicht erwiesen ist, inwieweit die psychophysischen Voraussetzungen zur Farbwahrnehmung identisch sind mit denen der Helligkeits- bzw. Gestaltwahrnehmung.

Doch war REMKY 1950 zu einem ähnlichen Ergebnis wie KOELLNER gelangt: Da in Bereichen außerhalb 10^{o} Abstand vom Fixationspunkt das Nach-

lassen der Sehschärfe zur Peripherie hin temporal stärker erfolgt als an korrespondierenden nasalen Netzhautstellen, gleichzeitig aber die stärkere von zwei auf korrespondierenden Stellen auftretenden Empfindungen die Aufmerksamkeit auf sich zieht, wird der Hemmungsapparat in Tätigkeit gesetzt und die schwächere Empfindung (auf der temporalen Netzhauthälfte) gelöscht. Diese Hemmung führt nach REMKY zur Ausschaltung des binocularen Wettstreits, wodurch ein Kulissenaufbau verschiedenartiger Bilder auf einer Netzhautstelle ermöglicht werden soll, durch den die Doppelbilder ihren subjektiven Raumwert bekommen sollen. REMKY spricht dabei von einer funktionellen Nasal-"Seh"-Netzhaut und einer Temporal-"Bezugs"-Netzhaut, wobei durch Dämpfungsimpulse auf der Temporal-"Bezugs"-Netzhaut ein Wettstreit verhindert und eine Hintereinanderschiebung der Doppelbilder ermöglicht werden soll. Ergebnisse aus denjen igen parazentralen Netzhautstellen, innerhalb derer der Abfall der Sehfunktion zur Peripherie hin temporal und nasal etwa gleichartig erfolgt (je nach Umfeldleuchtdichte etwa bis 10^{o} parazentral) liegen nicht vor.

Unsere Versuche erfassen jedoch gerade diesen Bereich im binocularen Gesichtsfeld, den REMKY selbst als Bereich annähernd identischer Netzhautstellen bezüglich der Empfindlichkeit bezeichnet. Nach unseren Ergebnissen wären hier also die Hemmungsverhältnisse genau umgekehrt wie weiter peripher, wenn man annehmen könnte, daß unsere und KOELLNERs sowie REMKYs Versuche alle dieselben Hemmungsmechanismen erfassen. Dies ist jedoch nicht der Fall. REMKY bezieht seine Ergebnisse auf Verhältnisse, wie sie ohne monoculare Dominanz bestehen; er schreibt: "Durch monoculare Dominanz (Äugigkeit) werden die Hemmungsvorgänge etwas abgeändert, da hierbei die temporale Netzhauthälfte des führenden Auges nicht mehr als funktionell minderwertig und umgekehrt die nasale Netzhauthälfte des nichtführenden Auges nicht mehr als funktionell überlegen bezeichnet werden kann; die Form von Verschmelzungsbildern wird bei Dominanz allein vom führenden Auge bestimmt."

Auch die Beobachtung REMKYs, daß bei Vorlage eines Quadrats und eines Rechtecks am Stereoskop lediglich der Eindruck der nasalen Netzhauthälfte

die Form des Verschmelzungsbildes (also entweder nur Rechteck oder nur Quadrat) für die meisten seiner Versuchspersonen bestimmt, was er ebenfalls als einen Beweis für das Dominieren der nasalen Netzhauthälfte anführt, gilt nur für Personen ohne monoculare Dominanz. Bei unseren Versuchen war jedoch gerade bei den 3 Personen ohne monoculare Dominanz ein völlig unterschiedliches Verhalten bezüglich der Ausprägung der sensorischen Dominanz in den vier Gesichtsfeldquadranten festzustellen.

NIETHAMMER hatte darauf hingewiesen, daß die Ausdehnung von Löschfeldern denselben Gesetzen unterliegt wie die des binocularen Wettstreits, und AULHORN bezeichnete das Löschphänomen als einen provozierten Wettstreit. Wenn REMKY eine Dämpfung des Wettstreits auf korrespondierenden Netzhautstellen für das Zustandekommen eines räumlichen Eindrucks fordert, so ist damit eine noch stärkere Hemmung innerhalb der binocularen Wechselbeziehung mit Verschiebung zur einen oder anderen Seite bezeichnet, also eine sensorische Dominanz, die sich, übertragen auf unsere Verhältnisse, in einem deutlichen Unterschied der Löschintensität von korrespondierenden temporalen und nasalen Netzhautorten ausdrücken müßte. Wir haben jedoch gerade auf korrespondierenden Netzhautstellen bei maximaler Hemmbarkeit die geringste Differenz zwischen der Löschhäufigkeit in nasaler und temporaler Netzhauthälfte gefunden; d.h. korrespondierende Netzhautstellen erwiesen sich als die potentiell am stärksten hemmenden und zu hemmenden Orte. Welche von den beiden korrespondierenden Netzhautstellen dann im binocularen Sehakt eine Dämpfung im Sinne REMKY's erfahren soll, können wir auf Grund unserer Ergebnisse nicht entscheiden.

Vielleicht werden die Impulse zu einer Dämpfung im Sinne REMKY's auf einer höheren Ebene gegeben als die Impulse, die das Löschphänomen bewirken. Dies spräche dafür, daß wir mit unserer Methode der durch sukzessive Reizdarbietung ausgelösten Löschung nur eine Grundfunktion korrespondierender bzw. benachbart-korrespondierender Netzhautstellen geprüft haben, die möglicherweise nicht denselben Gesetzen unterworfen ist wie die Vorgänge, die zu REMKY's Ergebnissen geführt haben.

Interessant erscheinen in diesem Zusammenhang die Ergebnisse von BUNGE (1950), der im Rahmen von Untersuchungen über den ROSENBACH'schen Visierversuch Wettstreitversuche in parazentralen Gesichtsfeldanteilen angestellt hat und bei 3 von 5 Versuchspersonen ebenfalls eine von der Hirnhälfte abhängige Dominanz (des Wettstreits) beobachtete, die für ein Überwiegen der temporalen Netzhauthälfte über die korrespondierende nasale spricht. Auch BUNGE hatte dabei keine Parallelität dieser Art von ocularer Dominanz zu der mit Hilfe des ROSENBACH'schen Visierversuchs feststellbaren fovealen Äugigkeit gefunden. Seine und unsere Ergebnisse weisen deutlich auf die enge Verwandtschaft von Wettstreit und Löschphänomen hin und zeigen zugleich, wie problematisch es ist, beim binocularen Sehakt eine generelle oculare Führerschaft eines Auges anzunehmen.

Dies führt uns zur Besprechung des eingangs erwähnten zweiten Mechanismus, der Äugigkeit.

Daß ein Einfluß der Äugigkeit auf Hemmungsaktivität und Hemmungsbereitschaft eines Auges für viele unserer Versuchspersonen zwar nachweisbar, für das Gesamtkollektiv jedoch statistisch nicht signifikant erscheint, überrascht nicht, wenn man den Begriff "Äugigkeit" etwas durchleuchtet.

Je nach Prüfmethode wird darunter entweder eine monoculare Vorherrschaft bei binocularer Richtungslokalisation (ROSENBACH) oder eine zeitliche Prävalenz beim binocularen Wettstreit (BUNGE, HAMBURGER, REMKY, KÜCHLE und REMKY) oder eine Dominanz bezüglich der Helligkeitswahrnehmung der beiden einzelnen Augen beim binocularen Helligkeitseindruck (LEVELT (1965), EISERT (1969)) verstanden, wobei die letztere Form unserer Art der Prüfung einer sensorischen Dominanz am meisten entspricht.

Vergleichende Betrachtungen über die mit Hilfe der verschiedenen Methoden bestimmten Dominanz eines Auges haben zu recht unterschiedlichen Ergebnissen geführt: Bei der Prüfung dieser verschiedenen Teilfunktionen für den binocularen Sehakt waren diese entweder schon von der Methodik her nicht exakt zu trennen (SACHSENWEGER (1958, 1960)) oder die Prüfung erfaßte lediglich eine dieser Teilfunktionen mit Hilfe verschiedener Methoden (HAMBURGER, HILLEMANNS, KÜCHLE und REMKY). KLAUS (1957) weist

darauf hin, daß sensorische Prävalenz, (bestimmt durch Messung der Bevorzugung eines Auges bei sensorischer Fusion mit Hilfe des Prävalenzgeräts nach SACHSENWEGER) und Äugigkeit (geprüft mit haploskopischen Vorlagen nach REMKY) keine Parallelität aufweisen, wenn auch bei beiden Methoden ein häufigeres Vorkommen der Dominanz des rechten Auges gefunden wurde. KÜCHLE und REMKY fordern für die Annahme einer monocularen Dominanz ausdrücklich die Übereinstimmung von Dominanz der Richtungslokalisation eines Auges mit dem Überwiegen der Seheindrücke auf demselben Auge. Sie finden eine solcher Art definierte Dominanz jedoch nur bei 8% der Versuchspersonen.

In neuerer Zeit hat EISERT die mit Hilfe der Phasendifferenzhaploskopie bestimmte unterschiedliche binoculare Helligkeitsempfindung bei unterschiedlicher Leuchtdichte der den beiden Augen dargebotenen Testfelder als Maß für sensorische Dominanz in Bezug gesetzt zu Ergebnissen des ROSENBACH'schen Visierversuchs. EISERT fand nur bei 60% der Versuchspersonen eine gleichsinnige Dominanz, bei 3 von 40 Versuchspersonen gegensinnige Dominanz, bei den restlichen 13 Versuchspersonen eine Prävalenzform, die nur bei einer der beiden Methoden deutlich wurde. Er gelangte zu demselben Schluß wie wir, nämlich daß die Dominanz der Richtungslokalisation und die sensorische Dominanz etwas Verschiedenes sind. Wenn auch die sensorische Dominanz über zentrifugale Hemmung eine Bedeutung für die Richtungslokalisation haben mag, so ist dennoch keine Kausalbeziehung zwischen Dominanzformen sowohl der einen wie der anderen Teilfunktion des Binocularsehens zu fordern, denn es ist nicht ausgeschlossen, daß bei Versuchen, wie dem von ROSENBACH angegebenen, motorische Dominanzen auch eine große Rolle spielen.

Alle bisher erwähnten Prüfungen der monocularen Dominanz beim Binocularsehen sind Prüfungen des fovealen Sehens. Unsere Versuche, wie auch die von BUNGE, erfassen jedoch die Dominanzbeziehungen zwischen peripheren Netzhautstellen, die für das Zustandekommen eines räumlichen Bildeindrucks von größter Wichtigkeit sind. Wie wir gesehen haben, scheint die bei der jeweiligen Prüfung angesprochene Hirnhälfte dabei eine Domi-

nanz der temporalen Netzhauthälfte zu bewirken. Dieses Ergebnis entstand aus Untersuchungen über Punkt- zu Punkt-Beziehungen beider Augen, so daß es richtiger ist, von der Dominanz einzelner Netzhautstellen als von der generellen sensorischen Dominanz eines Auges zu sprechen.

Die Hemmungsverhältnisse innerhalb der Netzhaut hängen also ab:

1. von der Lage der Prüforte zueinander,
2. von der Lage beider Prüforte zur jeweiligen Fovea.

Neben der bei einigen Versuchspersonen bestehenden Übereinstimmung von Äugigkeit und der von uns ermittelten Form sensorischer Dominanz, ist in beiden Gesichtsfeldhälften in den allermeisten Fällen eine Halbseitendominanz nachweisbar, die von jeder der beiden Hirnhemisphären für das gleichnamige Auge bewirkt wird und die die Hemmungsbereitschaft in der jeweiligen binocularen Gesichtsfeldhälfte bestimmt.

Unsere eingangs gestellte Frage nach Beziehungen zu den Hemmungsvorgängen beim Schielen, muß vorerst noch unbeantwortet bleiben. Wohl ist bei der Schiel-Amblyopie eine ausgeprägte Dominanz und ein führendes Auge vorhanden, doch liegen hier Hemmungen von solcher Stärke vor, daß die Dominanz einer Netzhauthälfte mit unserer Löschmethode nicht gemessen werden kann, weil beim Schielenden in sensorischer Hinsicht immer das führende über das amblyope Auge dominiert, ganz gleich, ob die temporale oder nasale Netzhauthälfte geprüft wird.

Beide Phänomene, das Löschphänomen und die Bildhemmung beim Schielenden, kommen zustande über zentrifugale Hemmungsvorgänge. Wir stimmen mit HARMS (1964) überein, wenn er sagt, daß zentrifugale Hemmungsvorgänge als präformierte physiologische Hemmungsmechanismen aufzufassen sind, die für unterschiedliche Aufgaben eingesetzt werden können und z.B. beim Schielenden eine erstaunliche Anpassung der Sehfunktionen an die gestörte Augenmotilität ermöglichen.

Wenn sich auch die Bedeutung unserer Ergebnisse für den Vorgang des normalen Binocularsehens nicht überschauen läßt, da unseren Versuchen ein künstlich provozierter Wettstreit zugrunde liegt, so wurde dennoch Aufschluß gewonnen über einen physiologischen Hemmungsmechanismus, der

auf die Bevorzugung gewisser Sehfeldanteile durch eine Hirnhälfte hinweist.

Das Überwiegen eines Auges im binocularen Sehakt wäre demzufolge nicht mehr als eine für jede Person konstante Eigenschaft aufzufassen, sondern als ein vom Prüfort abhängiger funktioneller Zustand binocularer Wechselwirkung.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Es wird über binoculare Hemmungsvorgänge berichtet, die mit Hilfe der Löschmethode nach AULHORN durch Ausmessen von sogenannten Löschfeldern erfaßt werden können.

Es zeigt sich trotz großer individueller Schwankungen, daß bezüglich Größe und Intensität der Löschfelder ein Einfluß der Hirnhälfte besteht: Gelangen die in einer Gesichtsfeldhälfte gesetzten Reize in der betreffenden Hirnhälfte zur binocularen Interaktion, so wird das zu dieser Hirnhälfte kontralaterale Auge durch den Reiz auf dem ipsilateralen Auge innerhalb eines Löschfeldes stärker gehemmt als umgekehrt das ipsilaterale durch das kontralaterale Auge. Die Hirnhälfte, in der die Konfrontation der binocularen Bildeindrücke erfolgt, räumt also dem gleichnamigen Auge in dem betreffenden Gesichtsfeldbereich eine Dominanz ein hinsichtlich seiner Fähigkeit, Wahrnehmungen auf dem anderen Auge zu löschen.

Als Maß für diese sensorische Dominanz nehmen wir die Summe der in allen 4 Quadranten des Gesichtsfeldes ermittelten Löschdominanz. Ein Zusammentreffen der sensorischen Dominanz mit der bei der Richtungslokalisation herrschenden Dominanz (Äugigkeit) besteht zwar bei sehr vielen Versuchspersonen, konnte aber statistisch nicht gesichert werden. Ein Rückschluß von der einen Dominanzform auf die andere ist deshalb nicht möglich.

Hemmungsvorgänge in der Fovea centralis sind durch die Löschmethode nur bei wenigen Versuchspersonen und nur in sehr geringem Maße nachweisbar.

Über Beziehungen zu den mit Hilfe elektrophysiologischer Methoden nachweisbaren binocularen Hemmungsvorgängen sowie zu den beim Schielen auftretenden Bildhemmungen wird diskutiert.

F. LITERATURVERZEICHNIS

1. Aubert, H.:
Wettstreit der Gesichtsfelder
Aus: Physiologie der Netzhaut, 4. Abschn. Kap. II, S. 298-305, Breslau 1865

2. Aulhorn, E.:
Die gegenseitige Beeinflussung abbildungsgleicher Netzhautstellen bei normalem und gestörtem Binocularsehen.
Symposium sur l'ambliopie strabique (Liege, September 1965)
Doc. Ophthal. 23, 26-61 (1961)

3. Aulhorn, E.:
Phasendifferenz-Haploskopie. Eine neue Methode zur Trennung der optischen Eindrücke beider Augen.
Klin. Mbl. f. Augenhk. 148, 540-544 (1966)

4. Aymone-Marsan, C. / Morillo, A.:
Cortical control and callosal mechanisms in the visual system of cat.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 13, 553-563 (1961)

5. Ballantyne, A.J.:
Trans. Ophthal. Soc. U.K. 66, 179 (1946)
zitiert nach Duke-Elder (13)

6. Beresford, W.A.:
Fiber degeneration following lesions of the visual cortex of the cat.
Aus: Jung, R., Kornhuber, H.: Neurophysiologie und Psychophysik des visuellen Systems, 247-255, Springer, Berlin 1961

7. Biemond, A.:
Experimentell-anatomische Untersuchungen über die kortikofugalen optischen Verbindungen bei Kaninchen und Affen.
Z. ges. Neurol. Psychiat. 129, 65-127 (1930)

8. Bunge, E.:
Untersuchungen zum Rosenbach'schen Versuch zur Feststellung der Äugigkeit.
Ophthal. Gesellsch. 56, 84-89 (1950)

9. Choudhury, B.P. / Whitteridge, D. / Wilson, M.E.:
The function of the callosal connections of the cortex.
Quart. J. experim. Physiol. 50, 214-219 (1965)

10. Colenbrander, M.C.:
Problems connected with localization 152.
Netherlands Ophthal. Soc. Leyden (1963)
Ophthalmologia (Basel) 149, 111-117 (1965)

11. Dodt, E.:
Über die sekundäre Erhebung im Aktionspotential des menschlichen Auges bei Belichtung.
v. Graef. Archiv f. Ophth. 151, 672-692 (1951)

12. Dobois-Poulsen, A.:
Le Champs Visuel
Masson et Cie. Paris 1952

13. Duke-Elder, S.:
System of Ophthalmology
Vol. II, 645
Kimpton, London 1961

14. Eisert, St.:
Über die binoculare Helligkeitsempfindung und ihre Beziehung zur monocularen Dominanz.
Med. Dissertation, Tübingen 1969

15. Fechner, G.Th.:
Elemente der Psychophysik,
Teil I und II. Leipzig: Breitkopf u. Härtel 1860

16. Fechner, G.Th.:
Über einige Verhältnisse des binocularen Sehens.
Abh. Kön. Sächs. Gesellsch. Wis. 5, 336-564 (1861)

17. Gellhorn, E. / Kuckenburg, F.:
Quantitative Untersuchungen über den Wettstreit der Sehfelder.
1. Mitteilung: Der Einfluß der Helligkeit der Farben auf den Wettstreit mit besonderer Berücksichtigung der Kontrastwirkungen.
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 206, 194-210 (1924)

18. Gellhorn, E. / Schöppe, Ch.:
Quantitative Untersuchungen über den Wettstreit der Sehfelder.
2. Mitteilung: Die Änderung des Wettstreits durch Umstimmung des Sehorgans.
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 206, 211-236 (1924)

19. Gellhorn, E.:
Quantitative Untersuchungen über den Wettstreit der Sehfelder.
3. Mitteilung: Zur Kenntnis der psychologischen Ursachen des Wettstreits.
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 206, 237-249 (1924)

20. Gellhorn, E. : Schöppe, Ch.:
Quantitative Untersuchungen über den Wettstreit der Sehfelder.
4. Mitteilung: Über den Einfluß von farbigen Nebenreizen auf den Wettstreit.
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 208, 393-407 (1925)

21. Gellhorn, E. / Schöppe, Ch.:
Quantitative Untersuchungen über den Wettstreit der Sehfelder.
5. Mitteilung: Über den Einfluß der Beleuchtungsstärke sowie der Adaptation auf die Größe des Wettstreitquotienten.
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 208, 408-417 (1925)

22. Gellhorn, E.:
Über den Wettstreit im Nachbild.
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 218, 54-82 (1928)

23. Granit, R.:
Receptors and Sensory Perception
Yale University Press, New Haven 1955

24. Granit, R.:
Centrifugal and antidromic effects on ganglion cells of retina.
J. Neurophysiol. 18, 388 (1955)

25. Grüsser, O.J. / Saur, G.:
Monoculare und binoculare Lichtreizung einzelner Neurone im Geniculatum laterale der Katze.
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 271, 595 (1960)

26. Grüsser, O.J. / Grüsser-Cornehls, U.:
Entladungsmuster der Neurone des visuellen Cortex bei monocularer und binocularer Belichtung.
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 272, 51 (1960)

27. Grüsser, O.J. / Hellner, K.A. / Grüsser-Cornehls, U.:
Die Informationsübertragung im afferenten visuellen System
Kybernetik 1, 175-192 (1962)

28. Grüsser, O.J. / Grüsser-Cornehls, U.:
Neurophysiologische Grundlagen des Binocularsehens.
Arch. f. Psychiatrie u. Ztschr. f.d. ges. Neurologie
207, 296-317 (1965)

29. Hamburger, F.A.:
Über monoculare Dominanz im binocularen Sehakt.
Klin. Mbl. f. Augenhk. 109, 1-11 (1943)

30. Hamburger, F.A.:
Der Wettstreit und seine Rolle im Binocular-Sehen.
Klin. Mbl. f. Augenhk. 115, 289-319 (1949)

31. Hamburger, F. A.:
Die Bedeutung des binocularen Wettstreits für die
Stereoskopie und für die stereoskopische Entfernungs-
messung.
v. Graef. Archiv f. Ophth. 153, 57-82 (1952)

32. Harms, H.:
Ort und Wesen der Bildhemmung beim Schielenden.
v. Graef. Archiv f. Ophth, 138, 149-210 (1937)

33. Harms, H.:
Stellungnahme zur Arbeit: Ort und Wesen der Bildhemmung
beim Schielenden.
Ophthal. Gesellsch. 66, 202 (1964)

34. Helmholtz, H.:
Handbuch der physiologischen Optik § 32.
Wettstreit der Sehfelder, 766-796
Leipzig, Leop. Voss 1867

35. Henschen, S.E.:
Zur Anatomie der Sehbahn und des Sehzentrums.
v. Graef. Archiv f. Ophth. 117, H.3, 403 (1926)

36. Hillemanns, M.:
Die funktionelle Asymmetrie der Augen, die Vorherrschaft
eines derselben und die binoculare Richtungslokalisation.
Klin. Mbl. f. Augenhk. 78, 737-761 (1927) und 79, 17-42
(1927)

37. Hillemanns, M.:
Das Problem der Äugigkeit (I)
Erklärung des Rechtsdralls (II)
Klin. Mbl. f. Augenhk. 117, 69-80 (1950)

38. Hirsch, R.:
Mün. med. Wschr. II, 1461 (1903)
zitiert nach Hillemanns (37)

39. Hommer, K. / Schubert, G.:
Die absolute Größe der fovealen receptorischen Feldzentren und Panumareale.
v. Graef. Archiv f. Ophth. 166, 205 (1963)

40. Hubel, D.H. / Wiesel, T.N.:
Receptive fields of single neurones in the cat's striate cortex.
J. Physiol. 148, 574-591 (1959)

41. Hubel, D.H. / Wiesel, T.N.:
Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex.
J. Physiol. 160, 106-154 (1962)

42. Hull, E.M.:
Cortico-fugal Influence in the Macaque lateral Geniculate Nucleus.
Vis. Research. Vol. 8, 1285 (1968)

43. Jahn, G.:
Wird ein Auge als Ganzes oder eine Gesichtsfeldseite beim Sehen bevorzugt?
Pflügers Archiv d. ges. Physiol. 240, 352 (1938)

44. Klaus, P.:
Untersuchungen über die sensorische Prävalenz beim Binocularsehen.
Inaugural-Diss. Halle-Wittenberg 1957

45. Kölliker, H.:
Zit. nach Duke-Elder (Nr. 13)

46. Köllner, H.:
Das funktionelle Überwiegen der nasalen Netzhauthälften im gemeinschaftlichen Sehfelde.
Arch. Augenheilk. 89, 67 (1921)

47. Küchle, H.J. / Remky, H.:
Über monoculare Dominanz ("Äugigkeit"); alte und neue (haploskopische) Methoden zu ihrem Nachweis und deren Wert für ihre Beurteilung.
v. Graef. Archiv f. Ophth. 152, 62-88 (1951)

48. Levelt, W.J.M.:
On binocular rivalry. Monograph Institute for Perception R V O - T N O,
Soesterberg, The Netherlands (1965)

49. Levelt, W.J.M.:
Binocular brightness averaging and contour information.
Brit. J. Psychol. 56: 1-13 (1965)

50. Litinskij, G.:
Messung des Prävalierungsgrades des führenden Auges im binocularen Sehakte.
Russ. Oftalm. Z. 14, 96-100 (1931)
(Dt. Zsf.: Zbl. f. Augenhk. 27, 60 (1932)

51. Mann / Whitney:
Zit. nach Weber, E. (Nr. 74)

52. Miles, W.R.:
Ocular Dominance in Human Adults
J. Gen. Psychol. 3, 412-430 (1930)

53. Minkowski, M.:
Über den Verlauf, die Endigung und die zentrale Repräsentation von gekreuzten und ungekreuzten Sehnervenfasern bei einigen Säugetieren und beim Menschen.
Schweiz. Arch. Neuro. 6 H.2, 201
7 H.2, 268 (1920)

54. Monakow, C.v.:
Gehirnpathologie, 2.Aufl.
Hölder, Wien 1905

55. Niethammer, D.:
Untersuchungen über das Löschphänomen.
Inaugural-Diss. Tübingen 1966

56. Panum, P.:
Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen.
Kiel 1858

57. Polyak, S.:
The Vertebrate Visual System
The University of Chicago Press, Chicago 1957

58. Posner, A. / Schloßmann, A.:
Development of changes in visual fields associated with glaucoma.
Arch. Ophthal. (Chicago) 39, 623 (1948)

59. Ramon y Cajal, S.:
Histologie du systeme nerveux
Paris 1909-1911

60. Remky, H.:
Über den Umbau des sensorischen Apparates bei Schielenden.
v. Graef. Archiv f. Ophthal. 148, 725-740 (1948)

61. Remky, H.:
Die gegenseitige Induktion der Doppelnetzhaut als Grundlage des beidäugigen Sehaktes.
v. Graef. Archiv f. Ophthal. 150, 120-134 (1950)

62. Rönne, H.:
Über Quadrantenhemianopsie und die Lage der Maculafasern in der occipitalen Sehbahn.
Klin. Mbl. f. Augenhk. 63, 358 (1919)

63. Rosenbach, O.:
Über monoculare Vorherrschaft bei binocularem Sehen.
Münch. Med. Wschr. 50, 1290-1292 (1903)
und 43, 1882 (1903)

64. Sachsenweger, R.:
Sensorische Fusion und Schielen.
v. Graef. Archiv. f. Ophthal. 159, 502-524 (1958)

65. Sachsenweger, R.:
Studien über den stereoskopschen Glanz.
v. Graef. Archiv f. Ophthal. 162, 518-526 (1960)

66. Scheidemann, N.V.:
A Simple Test for Ocular Dominance
Amer. J. Psychol. 43, 126 (1941)
(Dt. Zsf.: Zbl. f. Augenhk. 25, 266 (1931)

67. Schoen, Z.J. / Wallace, S.R.:
Ocular-Dominance.
Arch. Ophthal. Chicago, 15, 890-897 (1936)

68. Szentagothai, J.:
The structure of the synapse in the Lateral geniculate body.
Acta anat. 55, 166-185 (1963)

69. Szentagothai, J.:
Anatomical aspects of functional transformation.
Proceedings Int. Union o. Physiol. Sci III.
XXII Int. Congr. 119-136.
Symposium, Leiden 1964

70. Trendelenburg, W.:
Versuche über binokulare Mischung von Spektralfarben.
Z. Sinnesphysiol. 48, 199 (1913)

71. Tschermak-Seysenegg, A.:
Wechselwirkung beider Sehfelder.
Aus: Bethe, Bergemann, Embden, Ellinger:
Handbuch d. norm. u. path. Physiol. 12.Bd.:
Optischer Raumsinn, 916-928
Springer, Berlin 1931

72. Tschermak-Seysenegg, A.:
Art des Zusammenwirkens der beiden Netzhäute.
Aus: Einführung in die physiologische Optik,
4, 92-95, Springer, Berlin 1942

73. Vesper, G.:
Die Beeinflußbarkeit der monocularen Dominanz.
Wissensch. Z. d. Karl-Marx-Univ. Leipzig, 13. Jhg.
Math.-Natw. Reihe, Heft 2, 206-209 (1964)

74. Weber, E.:
Grundriß der biologischen Statistik.
Fischer, Jena: 1964

75. Wilcoxon, F.:
Zit. nach Weber, E. (Nr. 74)

76. Wilbrand, H. / Saenger, A.:
Anatomie und Physiologie der optischen Bahnen und Zentren.
Neurologie des Auges, Bd. 3, Wiesbaden 1904

77. Wolf, E. / Zigler, M.J.:
Excitation of the peripheral retina with coincident and disparate fields.
J. Ophth. Soc. Amer. 55, 1517 (1965)

78. Wolter, J.R. / Knoblich, R.R.:
Pathway of centrifugal fibres in the human optic nerve, chiasm and tract.
Brit. J. Ophthal. 49, 246 (1965)

F. TABELLENANHANG (Originalwerte)

In jeder Zeile der folgenden Tabellen stehen für jede Versuchsperson (Vp 1 - 16) zwei Werte, die im Paarvergleich nach WILCOXON miteinander verglichen und auf die statistische Signifikanz ihrer Unterschiede untersucht wurden. Der obere Wert in jeder Zeile stellt die gefundene Löschhäufigkeit in der rechten, der untere die in der linken Gesichtsfeldhälfte dar.
In der Spalte "Grad" ist der jeweilige Abstand der Prüfreize voneinander angegeben.

Löschungen auf dem rechten Auge in den beiden oberen Gesichtsfeldquadranten

Grad \ Vp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	20	20	20	19	19	20	20	20	19	20	20	20	20	20	20	20
1/2	19	20	19	20	19	20	20	20	19	19	18	20	20	18	16	20
	18	17	9	13	16	20	17	19	16	20	20	9	20	14	20	17
1	15	20	17	12	15	19	17	20	10	18	16	18	16	18	15	20
	15	10	1	6	8	17	11	15	5	17	16	5	18	14	15	10
1 1/2	13	20	18	5	5	16	15	19	5	7	13	14	5	12	8	11
	12	8	0	2	2	8	4	12	4	10	9	6	17	15	15	3
2	11	15	10	4	1	14	7	16	4	5	10	10	1	14	0	3
	10	7	0	0	1	2	0	6	0	3	3	0	12	6	10	0
2 1/2	9	8	5	4	1	11	2	15	0	6	6	8	1	6	0	0
	10	5	0	0	0	2	0	0	0	4	4	0	7	3	2	0
3	6	2	1	7	0	9	2	10	0	3	6	4	0	2	0	0
	8	1	0	0	1	2	0	0	0	2	1	0	2	0	1	0
3 1/2	7	2	0	1	3	7	1	2	0	2	6	3	0	2	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	7	0	0	4	1	0	0	1	0	1	3	2	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Löschungen auf dem rechten Auge in den beiden unteren Gesichtsfeldquadranten

Grad \ Vp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	20	20	20	19	19	20	20	20	19	20	20	20	20	20	20	20
1/2	17	20	15	10	12	20	19	20	16	18	19	6	18	17	16	20
	13	18	7	14	10	19	20	19	8	9	16	12	17	18	14	10
1	9	15	5	5	4	18	11	13	3	15	20	7	3	16	10	20
	8	11	1	3	4	18	17	16	2	4	15	6	8	11	8	1
1 1/2	7	12	3	5	6	17	3	8	1	12	18	0	1	8	5	2
	9	6	0	3	5	11	8	8	0	2	13	2	2	13	6	0
2	4	5	0	0	2	11	2	3	0	6	15	0	0	3	1	2
	9	5	0	0	4	9	2	0	0	3	10	0	0	8	3	0
2 1/2	6	3	0	0	1	9	1	1	0	6	5	0	0	1	0	0
	8	4	0	0	2	7	0	0	0	0	2	0	0	6	2	0
3	4	1	0	0	0	6	1	0	0	5	3	0	0	0	1	0
	6	2	0	0	3	6	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0
3 1/2	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	2	0	0	0	1	0
	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Löschungen auf dem linken Auge in den beiden oberen Gesichtsfeldquadranten

Grad \ Vp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	19 20	20 20	19 20	20 20	16 20	20 20	20 20	20 20	17 20	20 20	19 20	20 20	20 20	19 20	20 20	19 20
1/2	17 20	20 20	17 17	13 20	8 18	20 19	19 18	20 20	15 20	8 20	10 20	19 20	20 20	12 18	20 20	19 20
1	12 18	19 20	1 15	0 19	1 15	19 19	16 13	20 17	8 17	3 20	7 20	16 20	11 20	10 17	20 18	19 20
1 1/2	12 14	14 17	0 6	3 18	2 12	15 14	11 5	18 9	6 12	0 15	4 14	4 19	0 17	5 16	20 18	0 11
2	8 12	10 12	0 4	0 16	0 7	12 10	4 1	16 7	2 6	0 9	3 11	2 11	0 15	2 10	14 15	0 2
2 1/2	7 13	3 7	0 2	0 13	0 5	7 8	2 0	10 2	1 1	0 5	0 5	0 5	0 8	2 7	4 5	0 0
3	6 11	0 7	0 0	0 10	0 8	4 3	0 0	3 2	0 0	0 5	0 6	0 3	0 4	0 4	6 2	0 0
3 1/2	6 8	0 5	0 0	0 8	0 4	3 4	0 0	1 0	0 0	0 2	0 2	0 1	0 3	0 0	2 0	0 0
4	4 8	0 2	0 0	0 3	0 2	0 2	0 0	0 0	0 0	0 1	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

Löschungen auf dem linken Auge in den beiden unteren Gesichtsfeldquadranten

Grad \ Vp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	19	20	19	20	16	20	20	20	17	20	19	20	20	19	20	19
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
1/2	11	14	5	7	15	19	17	20	9	7	19	2	15	17	16	8
	18	18	6	19	12	19	19	20	7	14	17	20	19	19	16	16
1	10	10	0	4	16	18	8	18	2	1	17	1	2	7	11	0
	13	11	0	13	12	19	8	19	6	11	16	18	11	15	12	4
1 1/2	7	9	0	0	8	13	5	13	1	0	9	0	0	8	7	0
	12	6	0	8	11	12	5	4	1	7	13	3	5	9	6	0
2	3	2	0	0	5	8	3	6	0	0	7	0	0	3	2	0
	10	5	0	7	4	7	2	1	0	3	11	0	1	12	4	0
2 1/2	4	0	0	0	4	5	3	1	0	0	3	0	0	0	1	0
	9	4	0	5	2	6	0	0	0	4	4	0	1	5	3	0
3	5	0	0	0	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	8	2	0	3	8	6	0	0	0	3	4	0	0	0	2	0
3 1/2	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	6	1	3	0	0	0	2	2	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Für die Überlassung des Themas, für freundliche Unterstützung und wertvolle Anregung danke ich Frau Professor Dr. E. Aulhorn.
Dem Institut für Medizinische Biometrie danke ich für die freundliche Beratung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Lebenslauf

Am 28. Màrz 1942 wurde ich, Bernd Schlicke, in Dessau als Sohn des Dipl.-Ing. Herbert Schlicke und seiner Ehefrau Helene geb. Feil geboren. Ich besuchte die Grundschule in Stuttgart und legte am dortigen Wilhelms-Gymnasium am 11. März 1961 die Reifeprüfung ab. Im Sommer-Semester 1961 immatrikulierte ich mich an der Medizinischen Fakultät der Universität Tübingen, wo ich am 12. April 1964 das Physikum bestand. Nach einem Sommer-Semester an der Universität Kiel kehrte ich im Winter-Semester 1964/65 an die Universität Tübingen zurück und bestand dort am 15. Februar 1968 das Medizinische Staatsexamen. Die Medizinalassistentenzeit leistete ich an der Universitäts-Augenklinik in Tübingen, am Städtischen Krankenhaus Esslingen, an der Universitäts-HNO-Klinik in Tübingen und am Marienhospital in Stuttgart ab und erhielt im Januar 1970 die Bestallung zum Arzt.